Benutzerhandbuch für

Evolver

Die gentechnische, auf Algorithmen basierte Lösungsanwendung für Microsoft Excel

Version 5.7
September, 2010

Palisade Corporation
798 Cascadilla Street
Ithaca, NY 14850
USA
+1-607-277-8000
+1-607-277-8001 (Fax)
http://www.palisade.com (Web-Site)
sales@palisade.com (E-Mail)

Copyright-Hinweis
Copyright © 2010, Palisade Corporation.

Markenzeichen
Microsoft, Excel und Windows sind eingetragene Marken der Microsoft Corporation.
IBM ist ein eingetrage Marke von International Business Machines, Inc.
Palisade, Evolver, TopRank, BestFit und RISKview sind eingetragene Marken der Palisade Corporation.
RISK ist eine Marke von Parker Brothers, ein Unternehmensbereich der Tonka Corporation, und wird in Lizenz verwendet.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1: Einführung **1**

Einführung **3**

Installationsanleitung **7**

Kapitel 2: Hintergrund **11**

Was ist Evolver? **13**

Kapitel 3: Evolver: Schritt für Schritt **23**

Einführung **25**

Das Evolver-Programm **27**

Kapitel 4: Anwendungsbeispiele **47**

Einführung **49**

Werbungsauswahl **51**

Alphabetisieren **53**

Zuweisung von Aufgaben **57**

Bäckerei **61**

Budgetzuweisung **63**

Chemisches Gleichgewicht **67**

Klassenablaufsplanung **69**

Codesegmentierung **73**

Dakota: Routing mit Beschränkungen **77**

Ablaufsplanung für Metallarbeitsjobs **81**

Funkturmposition **83**

Ausgleich des Portfolios **87**

Kombinieren des Portfolios **91**

Kraftwerke **93**
Einkauf **95**
Handelsvertreterproblem **97**
Raumfahrtnavigation **99**
Wertpapierhändler **101**
Transformator **103**
Transport **105**

Kapitel 5: Evolver-Referenzhandbuch **109**
Befehl Modelldefinition **111**
Befehl Optimierungseinstellungen **137**
Befehl Optimierung starten **145**
Befehle im Menü Dienstprogramme **147**
Evolver-Überwachungsprogramm **151**

Kapitel 6: Optimierung **165**
Optimierungsmethoden **167**
Excel Solver **173**
Problemarten **177**

Kapitel 7: Gentechnische Algorithmen **183**
Einführung **185**
Entwicklung **187**
Ein biologisches Beispiel **191**
Ein digitales Beispiel **193**

Kapitel 8: Evolver-Extras **197**
Hinzufügung von Beschränkungen **199**
Optimierungsbeschleunigung **211**
Implementierung der Optimierung in Evolver **213**

Anhang A: Automatisierung von Evolver **217**

Anhang B: Problembehandlung / Fragen und Antworten **219**
Problembehandlung / Fragen und Antworten **219**

Anhang C: Zusätzliche Ressourcen **223**

Glossar **229**

Index **241**

Kapitel 1: Einführung

Einführung 3

- **Vor Beginn** 3
- **Inhalt des Evolver-Pakets** 3
- **Info zu dieser Version** 3
- **Die Betriebssystemumgebung** 4
- **Unterstützung** 4
  - **Bevor Sie anrufen…** 4
  - **Kontaktieren von Palisade** 5
  - **Versionen für Studenten** 6
- **Systemanforderungen für Evolver** 6

Installationsanleitung 7

- **Allgemeine Installationsanleitung** 7
  - **Deinstallieren von Evolver auf Ihrem Computer** 7
- **DecisionTools Suite** 8
- **Konfiguration der Evolver-Symbole oder -Verknüpfungen** 8
- **Warnmeldung hinsichtlich bösartiger Makros bei Systemstart** 9
- **Weitere Informationen zu Evolver** 10
  - **Evolver – Datei README** 10
  - **Evolver-Lernprogramm** 10
- **Erste Schritte mit Evolver** 10

Einführung

Evolver ist das schnellste, fortschrittlichste gentechnische, auf Algorithmen basierte Optimierungsprogramm, das sich bisher auf dem Markt befindet. Evolver kann durch Anwendung von leistungsstarken gentechnischen, auf Algorithmen basierten Optimierungstechniken optimale Problemlösungen finden, die für standardmäßige lineare und nicht lineare Optimierungsprogramme praktisch unlösbar sind. Evolver ist in zwei Versionen verfügbar (Professional und Industrial), um Ihnen zu ermöglichen, das für Sie geeignete Optimierungsprogramm auszuwählen.

Durch das **Evolver-Benutzerhandbuch**, mit dem Sie es hier zu tun haben, wird eine Einführung in das Evolver-Programm und die zugrunde liegenden Prinzipien gegeben. Anschließend werden mehrere Beispiele für die einzigartige gentechnische Algorithmus-Technik in Evolver angeführt. Diese komplette Bedienungsanleitung kann auch als ein vollkommen indexiertes Referenzhandbuch verwendet werden, in dem eine Beschreibung und Abbildung der einzelnen Evolver-Funktionen gegeben wird.

Vor Beginn

Vor Installation von und Arbeit mit Evolver muss sichergestellt werden, dass das Evolver-Paket alle erforderlichen Komponenten enthält und der Computer den Mindestanforderungen von Evolver gewachsen ist.

Inhalt des Evolver-Pakets

Evolver ist als Einzelprogramm verfügbar, kann aber auch als Programmkomponente von DecisionTools Suite Professional oder DecisionTools Suite Industrial geliefert werden. Wenn Evolver als Einzelprogramm gekauft wird, enthält die CD-ROM das Evolver Excel-Add-In sowie mehrere Evolver-Beispiele und ein vollkommen indexiertes Online-Hilfesystem für Evolver. DecisionTools Suite Professional und DecisionTools Suite Industrial enthalten dagegen alle vorstehend genannten Komponenten plus zusätzliche Anwendungen.

Info zu dieser Version

Diese Evolver-Version kann als 32-Bit-Programm für Microsoft Excel 2000 oder höher installiert werden.

Die Betriebssystemumgebung

Dieses Benutzerhandbuch geht davon aus, dass Sie allgemein mit dem Windows-Betriebssystem und mit Excel vertraut sind. Das heißt, es wird angenommen:

- *dass Sie sich mit dem Computer und der Maus auskennen*
- *dass Ihnen Begriffe wie Symbol, Klicken, Doppelklicken, Menü, Fenster, Befehl und Objekt bekannt sind*
- *dass Sie grundlegende Konzepte wie Verzeichnisstruktur und Dateibenennung verstehen*

Unterstützung

Allen registrierten Evolver-Benutzern mit gültigem Wartungsplan steht unser technischer Support kostenlos zur Verfügung. Benutzer ohne Wartungsplan können unseren technischen Support gegen Berechnung per Vorfall in Anspruch nehmen. Um sicherzustellen, dass Sie als Evolver-Benutzer registriert sind, sollten Sie die **Registrierung online über unsere Website http://www.palisade.com/support/register.asp** vornehmen.

Wenn Sie sich telefonisch mit uns in Verbindung setzen, sollten Sie immer die Seriennummer und das Benutzerhandbuch parat haben. Außerdem können wir Sie technisch besser unterstützen, wenn Sie vor dem Computer sitzen und arbeitsbereit sind.

Bevor Sie anrufen…

Bevor Sie unseren technischen Support anrufen, ist es angebracht, folgende Prüfliste nochmals abzuhaken:

- *Haben Sie sich die Online-Hilfe angesehen?*
- *Haben Sie in diesem Benutzerhandbuch nachgeschlagen und auch das Multimedia-Lernprogramm online durchgearbeitet?*
- *Haben Sie die Datei README.WRI gelesen? Sie enthält aktuelle Evolver-Informationen, die evtl. bei Drucklegung des Handbuchs noch nicht zur Verfügung standen.*
- *Können Sie das Problem nachvollziehen? Kann das Problem auch auf einem anderen Computer oder bei einem anderen Modell nachvollzogen werden?*

- *Haben Sie sich bereits unsere Web-Seite (**http://www.palisade.com**) angesehen? Sie enthält die neueste FAQ (eine durchsuchbare Datenbank mit Fragen und Antworten, welche den technischen Support betreffen) sowie Evolver-Patches (Korrekturprogramme), die unter „Technical Support" zu finden sind. Wir empfehlen Ihnen, regelmäßig unsere Web-Seite aufzusuchen, damit Sie sich laufend über die neuesten Evolver-Informationen sowie über anderweitige Palisade-Software informiert halten können.*

Kontaktieren von Palisade

Palisade Corporation ist dankbar für alle Fragen, Bemerkungen oder Vorschläge, die mit Evolver zu tun haben. Es gibt viele Möglichkeiten, sich mit unserer technischen Abteilung in Verbindung zu setzen, zum Beispiel:

- *senden Sie Ihre E-Mail an **support@palisade.com***
- *rufen Sie uns unter der Nummer +1-607-277-8000 an, und zwar montags bis freitags zwischen 9.00 und 17.00 Uhr US-Ostküstenzeit. Lassen Sie sich dabei zum „Technical Support" durchschalten*
- *faxen Sie uns unter der Nummer +1-607-277-8001.*
- *senden Sie einen Brief an:*

  Technischer Support
  Palisade Corporation
  798 Cascadilla St.
  Ithaca, NY 14850
  USA

Palisade Europe ist wie folgt zu erreichen:

- *senden Sie Ihre E-Mail an **support@palisade-europe.com***
- *rufen Sie unter der Telefonnummer +44-1895 425050 (GB) an*
- *faxen Sie unter der Nummer +44-1895 425051 (GB)*
- *senden Sie einen Brief an:*

  Palisade Europe
  31 The Green
  West Drayton
  Middlesex
  UB7 7PN
  Großbritannien

Palisade Asia Pacific ist wie folgt zu erreichen:

- *senden Sie Ihre E-Mail an* ***support@palisade.com.au***
- *rufen Sie unter der Telefonnummer +61 2 9252 5922 (AU) an*
- *faxen Sie unter der Nummer +61 2 9252 2820 (AU)*
- *senden Sie einen Brief an:*

  Palisade Asia-Pacific Pty Limited
  Suite 404, Level 4
  20 Loftus Street
  Sydney NSW 2000
  Australien

Es ist wichtig, dass Sie uns bei jeder Kommunikation den Produktnamen, die Version sowie die Seriennummer nennen. Sie können die Versionsnummer herausfinden, indem Sie in Excel im Evolver-Menü auf **Hilfe über** klicken.

Versionen für Studenten

Für die Studentenversion von Evolver steht kein telefonischer Support zur Verfügung. Wenn Sie bei dieser Version Hilfe benötigen, sollten Sie eine der folgenden Alternativen versuchen:

- *fragen Sie Ihren Professor bzw. Lehrbeauftragten.*
- *sehen Sie auf unserer Website http://www.palisade.com unter „Answers to Frequently Asked Questions" (Antworten auf häufig gestellte Fragen) nach*
- *wenden Sie sich per E-Mail oder Fax an unsere Abteilung „Technical Support"*

Systemanforderungen für Evolver

Bei Evolver sind folgende Systemanforderungen zu berücksichtigen:

- *PC mit Pentium-Prozessor(oder schneller) und Festplatte*
- *Microsoft Windows 2000 SP4 oder höher*
- *Microsoft Excel, Version 2000 oder höher*

Installationsanleitung

Evolver ist ein Add-In-Programm für Microsoft Excel. Durch Hinzufügung zusätzlicher Befehle zur Excel-Menüleiste erweitert Evolver die Funktionalität des Kalkulationstabellenprogramms.

Allgemeine Installationsanleitung

Durch das Setup-Programm werden die Evolver-Systemdateien in das Verzeichnis kopiert, das Sie auf der Festplatte angegeben haben. So wird das Setup-Programm unter Windows 2000 oder höher ausgeführt:

1) *Legen Sie die Evolver oder DecisionTools Suite enthaltende CD-ROM in Ihr CD-ROM-Laufwerk ein.*
2) *Klicken Sie auf **Start**, dann auf **Einstellungen** und schließlich auf **Systemsteuerung**.*
3) *Doppelklicken Sie auf das Symbol **Software**.*
4) *Klicken Sie auf der Registerkarte **Installieren/Deinstallieren** auf die Schaltfläche **Installieren**.*
5) *Folgen Sie den auf dem Bildschirm erscheinenden Installationsanweisungen.*

Falls Sie bei der Installation von Evolver auf Probleme stoßen, sollten Sie nachsehen, ob genügend Speicherplatz auf dem Laufwerk verfügbar ist, auf dem Evolver installiert werden soll. Versuchen Sie dann die Installation erneut, nachdem Sie ausreichend Speicherplatz freigemacht haben.

Deinstallieren von Evolver

Falls Sie Evolver (oder DecisionTools Suite) entfernen möchten, sollten Sie in der Systemsteuerung das Dienstprogramm **Software** verwenden und dann den Eintrag für Evolver oder DecisionTools Suite auswählen.

DecisionTools Suite

Evolver kann zusammen mit der DecisionTools Suite eingesetzt werden, bei der es sich um einen Satz von Produkten für die Risiko- und Entscheidungsanalyse handelt, der von Palisade Corporation erhältlich ist. Normalerweise wird Evolver in einem Unterverzeichnis von „Programme\Palisade“ installiert. Das ist so ähnlich, wie z. B. Excel oft in einem Unterverzeichnis von „Microsoft Office“ installiert wird.

Eines der Unterverzeichnisse von „Programme\Palisade“ ist somit das Evolver-Verzeichnis, das gewöhnlich die Bezeichnung Evolver5 hat. Dieses Verzeichnis enthält dann die Evolver-Add-In-Programmdatei (EVOLVER.XLA) sowie auch Beispielmodelle und andere zur Ausführung von Evolver erforderliche Dateien. Ein anderes Unterverzeichnis von „Programme\Palisade“ ist das Verzeichnis SYSTEM, in dem sich die Dateien befinden, die von den einzelnen Programmen der „DecisionTools Suite“ benötigt werden (einschließlich Hilfedateien und Programmbibliotheken).

Konfiguration der Evolver-Symbole oder Verknüpfungen

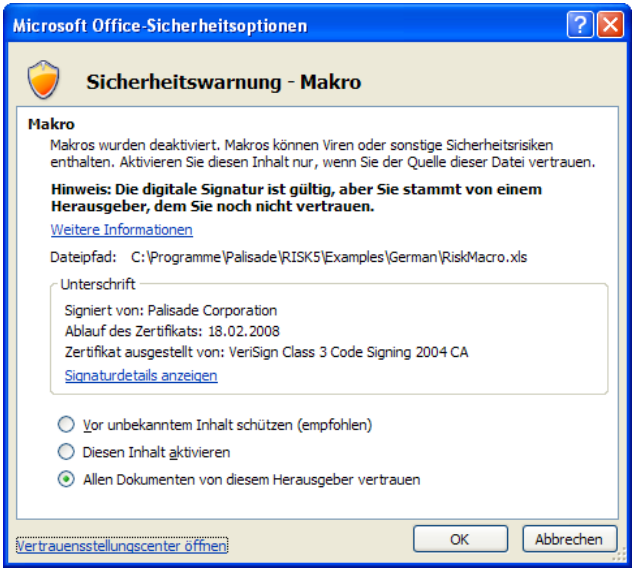
In Windows wird durch das Setup-Programm automatisch ein Evolver-Befehl im Start-Menü (Programme) erstellt. Sollten jedoch während der Installation Probleme auftreten, oder aber wenn Sie das Konfigurieren der Programmgruppe und Symbole zu einer anderen Zeit manuell vornehmen möchten, gehen Sie bitte wie folgt vor:

1) *Klicken Sie auf **Start** und zeigen Sie dann auf **Einstellungen**.*
2) *Klicken Sie auf **Taskleiste und Startmenü** und anschließend auf die Registerkarte **Startmenü**.*
3) *Klicken Sie auf **Anpassen**, dann auf **Hinzufügen** und danach auf **Durchsuchen**.*
4) *Stellen Sie fest, wo sich die Datei EVOLVER.EXE befindet und doppelklicken Sie dann auf diese Datei.*
5) *Klicken Sie auf **Weiter** und doppelklicken Sie anschließend auf das Menü, in dem das Programm erscheinen soll.*
6) Geben Sie den Namen **Evolver** ein und klicken Sie schließlich auf **Beenden**.

Warnmeldung hinsichtlich bösartiger Makros bei Systemstart

In Microsoft Office können unter **Extras>Makro>Sicherheit** mehrere Sicherheitseinstellungen vorgenommen werden, um zu verhindern, dass unerwünschte oder bösartige Makros in MS Office-Anwendungen ausgeführt werden. Falls Sie nicht die niedrigste Sicherheitsstufe eingestellt haben und versuchen, eine Datei zu laden, die Makros enthält, wird eine Warnmeldung angezeigt. Um diese Meldung bei Ausführung von Add-Ins von Palisade zu vermeiden, sind unsere Add-In-Dateien mit einer digitalen Kennzeichnung versehen. Sobald Sie daher **Palisade Corporation** als vertrauenswürdige Quelle angeben, können Sie jedes Add-In von Palisade öffnen, ohne dass die Warnmeldung erscheint. Vorgehensweise:

- Klicken Sie beim Start von Evolver auf **Allen Dokumenten von diesem Herausgeber vertrauen**, sobald die Warnmeldung (siehe nachstehende Abbildung) angezeigt wird.


Microsoft Office-Sicherheitsoptionen
Sicherheitswarnung - Makro
Makro
Makros wurden deaktiviert. Makros können Viren oder sonstige Sicherheitsrisiken enthalten. Aktivieren Sie diesen Inhalt nur, wenn Sie der Quelle dieser Datei vertrauen.
Hinweis: Die digitale Signatur ist gültig, aber Sie stammt von einem Herausgeber, dem Sie noch nicht vertrauen.
Weitere Informationen
Dateipfad: C:\Programme\Palisade\RISK5\Examples\German\RiskMacro.xls
Unterschrift
Signiert von: Palisade Corporation
Ablauf des Zertifikats: 18.02.2008
Zertifikat ausgestellt von: VeriSign Class 3 Code Signing 2004 CA
Signaturdetails anzeigen
Vor unbekanntem Inhalt schützen (empfohlen)
Diesen Inhalt aktivieren
Allen Dokumenten von diesem Herausgeber vertrauen
Vertrauensstellungscenter öffnen
OK
Abbrechen

Weitere Informationen zu Evolver

Weitere Informationen zu Evolver sind in folgenden Online-Dokumenten zu finden:

Evolver – Datei README

In dieser Datei wird ein kurzer Überblick über Evolver gegeben. Auch sind hier die letzten Neuigkeiten über die neueste Version der Software zu finden. Um die Datei README anzuzeigen, müssen Sie **Start > Programme > Palisade DecisionTools > Lernprogramme** wählen und dann auf **Evolver 5.5 – Readme** klicken. Es ist zu empfehlen, diese Datei zu lesen, bevor Sie mit Evolver beginnen.

Evolver-Lernprogramm

Durch das Online-Lernprogramm können Benutzer, die zum ersten Mal mit Evolver arbeiten, eine schnelle Einführung in das Programm und die gentechnischen Algorithmen erhalten. Diese Online-Vorführung dauert nur wenige Minuten. Im nachstehenden Abschnitt **Erste Schritte mit Evolver** ist beschrieben, wie auf das Lernprogramm zugegriffen werden kann.

Erste Schritte mit Evolver

Der schnellste Weg, sich mit Evolver vertraut zu machen, ist das Online-Lernprogramm, in dem Ihnen fachmännisch im Filmformat die einzelnen Beispielmodelle vorgeführt werden. Dieses Lernprogramm ist eine Multimedia-Präsentation, in der die hauptsächlichen Evolver-Funktionen behandelt werden.

Das Lernprogramm kann ausgeführt werden, indem Sie im Menü **Evolver-Hilfe** den Befehl **Lernprogramm *Erste Schritte*** wählen.

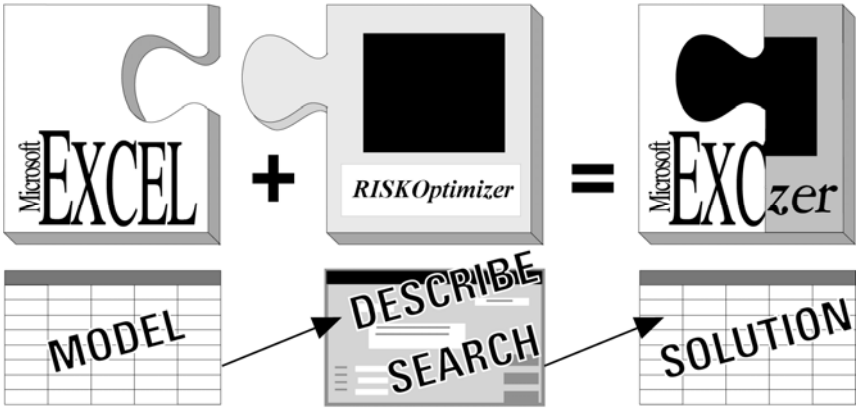
Kapitel 2: Hintergrund

Was ist Evolver? 13

Wie funktioniert Evolver? 14
Gentechnische Algorithmen 14
Was ist Optimierung? 15
Welchen Zweck haben Excel-Modelle? 16
Warum Evolver verwenden? 17
Keine reinen Vermutungen mehr 17
Genauer und bedeutungsvoller 18
Flexibler 18
Leistungsfähiger 20
Leichter zu verwenden 20
Preisgünstig 21

Was ist Evolver?

Das Evolver-Softwarepaket bietet Benutzern eine einfache Möglichkeit, optimale Lösungen für praktisch jedes Problem zu finden. Mit anderen Worten, mithilfe von Evolver finden Sie die besten Eingaben, um die gewünschte Ausgabe zu erhalten. Sie können Evolver dazu verwenden, die richtige Mischung, Reihenfolge oder Gruppierung von Variablen zu finden, die Ihnen den höchsterwarteten Wert bzw. das geringste Risiko für Profite oder den höchsterwarteten Wert für Waren aus der geringsten Materialmasse bietet. Evolver wird meistens als ein Add-In-Programm für Excel verwendet. Benutzer können ein Modell ihres Problems in Excel einrichten und dann Evolver aufrufen, um das Problem zu lösen.



Sie müssen das Problem erst in Excel modellieren und dann für das Evolver-Add-In entsprechend beschreiben.

Excel liefert gewöhnlich alle Formeln, Funktionen, Diagramme und Makros, die zum Erstellen realistischer Problemmodelle erforderlich sind. Evolver bietet auch die Schnittstelle, um die im Modell gegebene Unbestimmtheit und die gewünschte Lösung zu beschreiben, sowie auch das geeignete System, um diese Lösung zu finden. Mithilfe dieser Komponenten ist es möglich, optimale Lösungen für praktisch alle Probleme zu finden, die irgendwie modelliert werden können.

Wie funktioniert Evolver?

Evolver verwendet einen proprietären Satz aus ***gentechnischen Algorithmen***, um nach den optimalen Lösungen für ein Problem zu suchen. Auch werden Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Simulationen eingesetzt, um die in Ihrem Modell gegebene Unbestimmtheit zu handhaben.

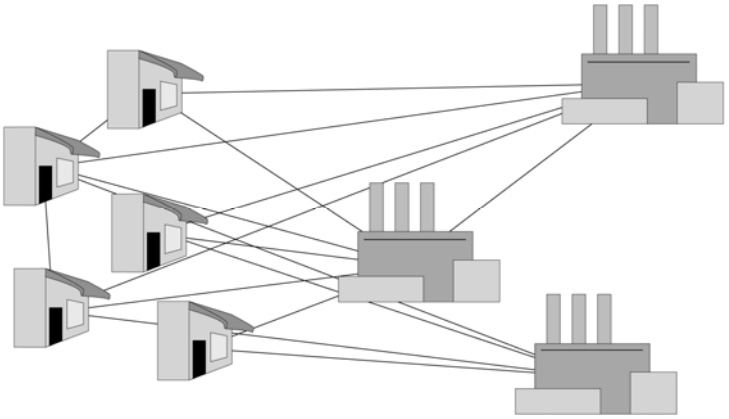
Gentechnische Algorithmen

In Evolver werden gentechnische Algorithmen dazu verwendet, die beste Lösung für Ihr Modell zu finden. Gentechnische Algorithmen kann man fast mit den Darwin'schen Evolutionsprinzipien vergleichen, indem eine Umgebung geschaffen wird, in der Hunderte von möglichen Lösungen für das Problem miteinander wetteifern und nur die geeignetste überlebt. Genau wie bei der biologischen Evolution, kann jede Lösung ihre guten „Genen" durch Ergebnislösungen weitergeben, sodass die gesamte Lösungspopulation davon profitieren kann.

Wie Sie vielleicht schon merken, erinnert die im Zusammenhang mit gentechnischen Algorithmen verwendete Terminologie oft an die Evolutionslehre. Wir sprechen von „Crossover"-Funktionen, die bei der Lösungssuche helfen, von „Mutationsraten", die Abwechslung in den „Genpool" bringen und wir bewerten die gesamte „Population" der Lösungen oder „Organismen". Weitere Informationen über die Funktionsweise der gentechnischen Algorithmen in Evolver finden Sie in Kapitel 7 – Gentechnische Algorithmen.

Was ist Optimierung?

Optimierung ist der Prozess, durch den die beste Lösung für ein Problem gefunden wird, das vielleicht viele mögliche Lösungen haben könnte. Bei den meisten Problemen handelt es sich um viele Variablen, die auf Basis von eingegebenen Formeln und Beschränkungen interagieren. Eine Firma kann beispielsweise drei Fertigungsanlagen haben, die jeweils verschiedene Mengen von unterschiedlichen Waren fertigen. Was ist in diesem Fall die optimale Methode, die Nachfrage der lokalen Einzelhandelsgeschäfte hinreichend zu decken und gleichzeitig die Transportkosten zu minimieren, wenn die Kosten der einzelnen Fertigungsanlagen für Fertigung der Waren, die Kosten jeder Fertigungsanlage für den Transport zu den einzelnen Geschäften und die Beschränkungen jeder Anlage zu berücksichtigen sind? Dies ist die Art von Frage für deren Beantwortung die Optimierungs-Tools vorgesehen sind.



Optimierung beschäftigt sich oft mit der Suche nach einer Kombination, die das meiste aus den gegebenen Ressourcen herausholt.

In dem vorstehenden Beispiel würde jede vorgeschlagene Lösung aus einer kompletten Liste bestehen, aus der hervorgeht, welche von welcher Anlage gefertigten Waren auf welchem LKW an welches Einzelhandelsgeschäft zu transportieren sind. Bei anderen Optimierungsbeispielen kann es sich z. B. darum handeln, wie der höchste Profit bzw. die geringsten Kosten zu erzielen sind oder wie die meisten Leben gerettet werden können. Auch kann auf diese Weise die geringste Statik in einem Schaltkreis, der kürzeste Weg von einem Ort zum anderen oder die wirkungsvollste Mischung an Werbungsmediakäufen festgestellt werden. Ferner ist eine wichtige Untergruppe von Optimierungsproblemen vorhanden, bei der es sich um Ablaufsplanung handelt. Bei diesen Problemen kann es u. U. um das Maximieren der Leistung während einer Arbeitsschicht oder das Minimieren von Ablaufskonflikten bei zeitlich unterschiedlichen Gruppenbesprechungen gehen. Weitere Einzelheiten über die Optimierung sind in Kapitel 6: Optimierung zu finden.

Welchen Zweck haben Excel-Modelle?

Um die Effizienz eines Systems zu erhöhen, müssen wir erst einmal herausfinden, wie dieses System überhaupt funktioniert. Daher ist ein Arbeitsmodell des Systems erforderlich. Modelle sind Abstraktionen, die für das Untersuchen von komplexen Systemen erforderlich sind. Um die Ergebnisse aber in Realität anwenden zu können, darf das Modell den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung unter den verschiedenen Variablen nicht zu sehr vereinfachen. Durch bessere Software und immer leistungsfähigere Computer können Betriebswirtschaftler jetzt realistischere Wirtschaftsmodelle aufbauen. Auch sind Wissenschaftler jetzt in der Lage, chemische Reaktionen besser vorauszusagen und Geschäftsleute können eine genauere Empfindlichkeitsanalyse ihrer Unternehmensmodelle vornehmen.

In den letzten Jahren sind Computerhardware- und Computersoftwareprogramme, wie z. B. Microsoft Excel, derart verbessert worden, dass praktisch jeder PC-Benutzer jetzt realistische Modelle von komplexen Systemen erstellen kann. Die in Excel integrierten Funktionen sowie die Makrofähigkeiten und die saubere, intuitive Schnittstelle ermöglichen selbst Anfängern, sehr komplexe Probleme zu modellieren und zu analysieren. Weitere Einzelheiten über die Modellerstellung finden Sie in Kapitel 9: Evolver-Extras.

Warum Evolver verwenden?

Die einzigartige Evolver-Technik ermöglicht jedem Benutzer, der mit einem PC und Excel für Windows arbeitet, seine Modelllösungen maximal zu optimieren. Vor Verfügbarkeit von Evolver gab es für Benutzer, die die Leistungsfähigkeit des System erhöhen wollten oder nach optimalen Lösungen suchten, nur drei Möglichkeiten: sie konnten entweder mit Vermutungen arbeiten, ineffiziente Problemlösungs-Software verwenden oder es Optimierungsfachleuten überlassen, eine speziell angepasste Software zu entwerfen und zu installieren. Hier sind einige der wichtigsten Vorteile, die durch Verwendung von Evolver erzielt werden können:

Keine reinen Vermutungen mehr

Wenn Sie es mit einer großen Anzahl von aufeinander einwirkenden Variablen zu tun haben und versuchen, die beste Kombination, die richtige Reihenfolge oder die optimale Gruppierung dieser Variablen zu finden, liegt die Versuchung nah, einfach mit einer wohl begründeten Vermutung zu arbeiten. Überraschend viele Benutzer meinen, dass jegliches Modellieren und Analysieren über eine fundierte Annahme hinaus eine sehr komplizierte Programmierung erforderlich macht oder mit verwirrenden statistischen oder mathematischen Algorithmen verbunden ist. Eine gut optimierte Lösung kann leicht Millionen von Dollar, Tausende von Gallonen an knappem Treibstoff, Monate an verschwendeter Zeit usw. einsparen. Da leistungsstarke PCs jetzt zunehmend erschwinglich und Softwareprogramme, wie z. B. Excel und Evolver, ohne weiteres verfügbar sind, ist kaum noch ein Grund vorhanden, bei Lösungen mit Vermutungen zu arbeiten oder wertvolle Zeit zu verschwenden, um eine Reihe von Szenarien manuell auszuprobieren.

Genauer und bedeutungsvoller

Evolver ermöglicht Ihnen, das volle Sortiment an Excel-Formeln und sogar Makros zu verwenden, um realistischere Systemmodelle zu erstellen. Durch Verwendung von Evolver braucht die Genauigkeit Ihres Modells nicht darunter zu leiden, dass die benutzten Algorithmen vielleicht für die realen Kompliziertheiten nicht ausreichen. Durch herkömmliche kleine Lösungsprogramme (d. h. durch statistische und lineare Programmier-Tools) wird der Benutzer dazu gezwungen, mit Annahmen darüber zu arbeiten, wie die Variablen in dem zu lösenden Problem wirklich aufeinander einwirken. Dadurch kann es leicht zu sehr vereinfachten, unrealistischen Problemmodellen kommen. Wenn der Benutzer dann endlich das System ausreichend vereinfacht hat, damit diese so genannten Solvers verwendet werden können, ist die sich daraus ergebende Lösung oft zu abstrakt, um überhaupt noch praktischen Wert zu haben. Probleme mit sehr vielen Variablen, nicht linearen Funktionen, Verweistabellen, IF-Anweisungen, Datenbankabfragen oder stochastischen (d. h. zufälligen) Elementen können nicht mittels dieser Methoden gelöst werden, ganz gleich wie einfach das Modell auch aufgebaut ist.

Flexibler

Es gibt viele Lösungsalgorithmen, mit denen kleine, einfache lineare und nicht lineare Problemtypen zufriedenstellend gelöst werden können. Zu diesen Algorithmen gehören u. a. „Hill-Climbers“, „Baby-Solvers“ und andere mathematischen Methoden. Selbst wenn diese allgemein nützlichen Optimierungs-Tools als Add-Ins für Kalkulationstabellen angeboten werden, sind sie nur für numerische Optimierung zu gebrauchen. Für größere oder kompliziertere Probleme können vielleicht spezielle benutzerdefinierte Algorithmen geschrieben werden, um gute Ergebnisse zu erhalten, aber das erfordert meistens sehr viel Forschung und Entwicklung. Aber selbst in diesem Fall müsste das sich daraus ergebende Programm bei jeder Modelländerung erneut modifiziert werden.

Evolver kann dagegen nicht nur numerische Probleme handhaben, sondern ist weltweit das einzige kommerzielle Programm, das auch die meisten kombinatorischen Probleme lösen kann Dies sind die Probleme, bei denen die Variablen permutiert oder miteinander kombiniert werden müssen. Die Auswahl der Schlagmannreihenfolge bei einem Baseballteam ist z. B. ein kombinatorisches Problem, weil dabei die Positionen der Spieler in der Mannschaftsaufstellung ausgetauscht werden müssen. Komplexe Ablaufsplanungsprobleme sind ebenfalls kombinatorischer Art. Ein und dasselbe Evolver-Programm kann alle diese Probleme und noch viele mehr lösen, die kein anderes Optimierungs-Tool handhaben kann. Durch seine einzigartige aus *gentechnischen Algorithmen* bestehende Technik kann

Evolver praktisch Modelle jeden Typs, jeder Größe und jeder Komplexität optimieren.

Leistungsfähiger

Evolver ermöglicht bessere Lösungen. Die meisten Softwareprogramme ermitteln die optimalen Lösungen auf mathematische und systematische Weise. Diese Methoden sind sehr oft darauf beschränkt, dass eine bereits bestehende Lösung genommen und dann nach der nächstliegenden Antwort gesucht wird, die etwas besser zu sein scheint. Solche „lokale“ Lösung kann u.U. weit von der optimalen Lösung entfernt sein. Evolver erhebt auf intelligente Weise Werteproben aus dem gesamten Möglichkeitsbereich, wodurch sich dann eine erheblich bessere globale Lösung ergibt.

Leichter zu verwenden

Trotz seiner offensichtlichen Leistungsstärke und Vorteile in Bezug auf Flexibilität ist Evolver recht einfach zu verwenden, da es für den Benutzer nicht erforderlich ist, sich in den durch das Programm verwendeten komplizierten gentechnischen Algorithmustechniken auszukennen. Für Evolver ist nicht das A und O Ihres Problems, sondern nur ein Kalkulationstabellenmodell wichtig, durch das ausgewertet werden kann, wie passend die verschiedenen Szenarien sind. Sie brauchen in der Kalkulationstabelle nur die Zellen auswählen, die die betreffenden Variablen enthalten, und dann Evolver auf das Gesuchte hinweisen. Evolver verbirgt auf intelligente Weise die komplizierte Technik und automatisiert den WHAT-IF-Prozess, durch den das Problem analysiert wird.

Zweifelsohne sind viele kommerzielle Programme für mathematische Programmierung und Modellerstellung vorhanden, aber Kalkulationstabellen sind bei weitem am beliebtesten und werden buchstäblich zu Millionen pro Monat verkauft. Durch das intuitive Zeilen- und Spaltenformat sind Kalkulationstabellen leichter einzurichten und beizubehalten als andere dedizierte Pakete. Kalkulationstabellen sind auch leichter zusammen mit anderen Programmen, wie z. B. Textverarbeitungssystemen und Datenbanken, einzusetzen und bieten mehr integrierte Formeln, Formatierungsoptionen, Diagramme und Makros als andere eigenständigen Pakete. Da es sich bei Evolver um ein Add-In-Programm für Microsoft Excel handelt, haben Benutzer Zugriff auf sämtliche Funktionen und Entwicklungs-Tools, um so mühelos realistischere Modelle ihres Systems aufzubauen.

Preisgünstig

Viele Firmen wenden sich an Fachberater, um für sich benutzerdefinierte Optimierungssysteme erstellen zu lassen. Solche Systeme funktionieren oft sehr gut, aber ihre Entwicklung und Implementierung erfordert in der Regel viel Zeit (mitunter viele Monate) und ist auch sehr kostspielig. Für Systeme dieser Art ist außerdem aufwändige Schulung und ständige Wartung notwendig. Im Falle einer Systemänderung muss u.U. ein ganz neuer Algorithmus entwickelt werden, um optimale Lösungen zu finden. Evolver ist dagegen erheblich preisgünstiger und liefert den bisher leistungsfähigsten gentechnischen Algorithmus, durch den schnelle und präzise Lösungen für eine Vielfalt von Problemen möglich sind. Da Evolver in einer intuitiven und bekannten Umgebung arbeitet, ist praktisch keine kostspielige Schulung und Wartung erforderlich.

Vielleicht möchten Sie die Optimierungsfähigkeiten von Evolver sogar den von Ihnen selbst definierten Programmen hinzufügen. In nur wenigen Tagen wären Sie dann in der Lage, Visual Basic zum Entwickeln Ihres eigenen Planungs-, Verteilungs-, Fertigungs- oder Finanzverwaltungssystems zu verwenden. Einzelheiten über Entwicklung einer auf Evolver basierten Anwendung finden Sie im Evolver-Entwickler-Kit.

Kapitel 3: Evolver: Schritt für Schritt

Einführung **25**

Das Evolver-Programm **27**

Starten von Evolver **27**
Evolver-Symbolleiste **27**
Öffnen eines Beispielmodells **27**
Dialogfeld Evolver – Modell **29**
Auswahl der Zielzelle **30**
Hinzufügung anpassbarer Zellbereiche **30**
Auswahl einer Lösungsmethode **32**
Beschränkungen **33**
Hinzufügung einer Beschränkung **34**
Einfache Wertebereichs- und Formelbeschränkungen **35**
Andere Evolver-Optionen **38**
Anhaltebedingungen **38**
Ansichtsoptionen **39**
Ausführung der Optimierung **41**
Evolver-Überwachungsprogramm **42**
Anhalten der Optimierung **43**
Übersichtsbericht **44**
Platzierung der Ergebnisse im Modell **45**

Einführung

In diesem Kapitel wird der gesamte Evolver-Optimierungsprozess Schritt für Schritt beschrieben. Falls Evolver noch nicht auf Ihrer Festplatte installiert ist, sollten Sie sich den Abschnitt **Installation i**n Kapitel 1: Einführung ansehen, um Evolver zu installieren, bevor Sie mit diesem Lernprogramm beginnen.

Wir beginnen damit, dass wir ein vordefiniertes Kalkulationstabellenmodell öffnen und dann für Evolver das Problem definieren, indem wir die entsprechenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen und Dialogfelder verwenden. Anschließend beobachten wir, wie Evolver nach Lösungen sucht, und untersuchen einige der vielen Optionen im Evolver-Überwachungsprogramm. Weitere Informationen zu irgendeinem bestimmten Thema sind hinten in diesem Handbuch im Index zu finden oder auch in Kapitel 5: Evolver-Referenz.

HINWEIS: Die nachstehenden Bildschirmabbildungen stammen aus Excel 2007. Falls Sie eine andere Excel-Version verwenden, entsprechen diese Abbildungen evtl. nicht ganz dem, was Sie auf dem Bildschirm sehen.

Der Problemlösungsprozess beginnt mit einem Modell, durch das das betreffende Problem genau dargestellt wird. Das Modell muss in der Lage sein, einen gegebenen Satz an Eingabewerten (anpassbaren Zellen) auszuwerten und über eine numerische Einstufung anzugeben, wie gut das Problem durch diese Eingaben gelöst werden kann (Auswertungs- oder Fitnessfunktion). Während Evolver nach Lösungen sucht, wird durch die Fitnessfunktion ein gewisses Feedback übermittelt, wodurch Evolver erkennen kann, wie gut oder schlecht die einzelnen Vermutungen sind, und somit in die Lage versetzt wird, zunehmend bessere Vermutungen zu treffen. Bei Erstellung eines Modells des Problems muss genau auf die Fitnessfunktion geachtet werden, da Evolver sehr bemüht ist, diese Zelle zu maximieren (bzw. zu minimieren).

Das Evolver-Programm

Starten von Evolver

Um Evolver zu starten müssen Sie entweder ***auf dem Windows-Desktop auf das Evolver-Symbol klicken oder im Windows-Startmenü erst* Palisade DecisionTools *und dann* Evolver 5.5 *wählen. Dadurch werden dann Microsoft Excel und das Evolver-Programm gestartet.***

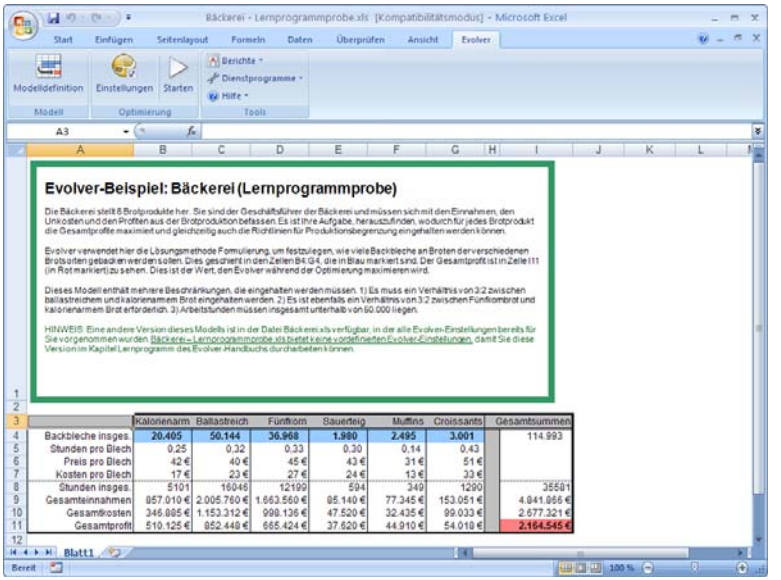
Evolver-Symbolleiste

Nach dem Laden von Evolver ist in Excel eine neue Symbolleiste für Evolver zu sehen. Diese Symbolleiste enthält Schaltflächen, über die bestimmte Evolver-Einstellungen angegeben werden sowie die Optimierungen gestartet, pausieren gelassen und auch völlig gestoppt werden können.

Öffnen eines Beispielmodells

Um die Evolver-Funktionen zu überprüfen, können Sie sich ein Beispielmodell ansehen, das beim Installieren von Evolver automatisch mit installiert wurde. Vorgehensweise:

1) ***Öffnen Sie das Arbeitsblatt* Bäckerei – Lernprogrammprobe.xls*, indem Sie im Hilfemenü den Befehl* Beispiele für Kalkulationstabellen *wählen.***


Bäckerei - Lernprogrammprobe.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
A3
Evolver-Beispiel: Bäckerei (Lernprogrammprobe)
Die Bäckerei stellt 6 Brotprodukte her. Sie sind der Geschäftsführer der Bäckerei und müssen sich mit den Einnahmen, den Unkosten und den Profiten aus der Brotproduktion befassen. Es ist Ihre Aufgabe, herauszufinden, wodurch für jedes Brotprodukt die Gesamtprofite maximiert und gleichzeitig auch die Richtlinien für Produktionsbegrenzung eingehalten werden können.
Evolver verwendet hier die Lösungsmethode Formulierung, um festzulegen, wie viele Backbleche an Broten der verschiedenen Brotsorten gebacken werden sollen. Dies geschieht in den Zellen B4:G4, die in Blau markiert sind. Der Gesamtprofit ist in Zelle I11 (in Rot markiert) zu sehen. Dies ist der Wert, den Evolver während der Optimierung maximieren wird.
Dieses Modell enthält mehrere Beschränkungen, die eingehalten werden müssen. 1) Es muss ein Verhältnis von 3:2 zwischen ballaststreichem und kalorienarmem Brot eingehalten werden. 2) Es ist ebenfalls ein Verhältnis von 3:2 zwischen Fünfkornbrot und kalorienarmem Brot erforderlich. 3) Arbeitsstunden müssen insgesamt unterhalb von 60.000 liegen.
HINWEIS: Eine andere Version dieses Modells ist in der Datei Bäckerei.xls verfügbar, in der alle Evolver-Einstellungen bereits für Sie vorgenommen wurden. Bäckerei – Lernprogrammprobe.xls bietet keine vordefinierten Evolver-Einstellungen, damit Sie diese Version im Kapitel Lernprogramm des Evolver-Handbuchs durcharbeiten können.
Kalorienarm
Ballaststreich
Fünfkorn
Bauerteig
Muffins
Croissants
Gesamtsummen
Backbleche insges.
20.405
50.144
36.968
1.980
2.495
3.001
114.993
Stunden pro Blech
0,25
0,32
0,33
0,30
0,14
0,43
Preis pro Blech
42 €
40 €
45 €
43 €
31 €
51 €
Kosten pro Blech
17 €
23 €
27 €
24 €
13 €
33 €
Stunden insges.
5101
16046
12199
594
349
1290
35581
Gesamteinnahmen
857.010 €
2.005.760 €
1.663.560 €
85.140 €
77.345 €
153.051 €
4.841.866 €
Gesamtkosten
346.885 €
1.153.312 €
998.136 €
47.520 €
32.435 €
99.033 €
2.677.321 €
Gesamtprofit
510.125 €
852.448 €
665.424 €
37.620 €
44.910 €
54.018 €
2.164.545 €
Blatt1
Bereit
100 %

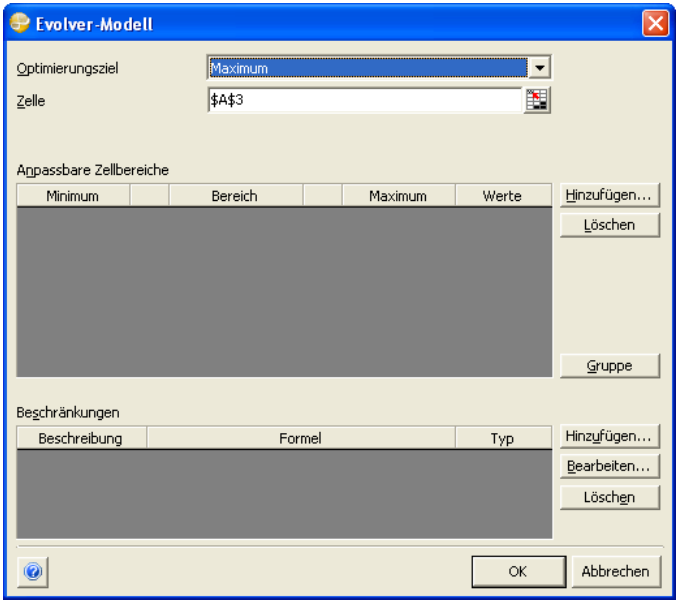
Dieses Beispielblatt beschäftigt sich mit einem einfachen Profitmaximierungsproblem für eine Bäckerei. Ihre Bäckerei stellt 6 Brotprodukte her. Sie sind der Geschäftsführer der Bäckerei und müssen sich dringend mit dem Einkommen, den Unkosten und den Profiten aus der Brotproduktion befassen. Es ist Ihre Aufgabe, herauszufinden, wie für jedes Produkt die Gesamtprofite maximiert und gleichzeitig auch die Richtlinien für Produktionsbegrenzung eingehalten werden können. Bei diesen Richtlinien handelt es sich u.a. um 1) *Einhaltung des Produktionsanteils an kalorienarmem Brot*, 2) *Einhaltung eines akzeptablen Verhältnisses zwischen möglichst hohem Ballaststoff- und möglichst geringem Kaloriengehalt*, 3) *Einhaltung eines akzeptablen Verhältnisses zwischen 5 Getreidearten und niedrigem Kaloriengehalt* und 4) *Einhaltung einer auf eine bestimmte Anzahl von Mannstunden begrenzten Backzeit.*

Dialogfeld Evolver – Modell

Vorgehensweise, um die Evolver-Optionen für dieses Arbeitsblatt einzustellen:

1) ***Klicken Sie in der* Evolver-*Symbolleiste auf das Symbol* Modelldefinition *(ganz links in der Leiste).***

Es wird dann folgendes Dialogfeld angezeigt:



Dieses Dialogfeld erleichtert den Benutzern, das Problem einfach und unkompliziert zu beschreiben. In dem im Lernprogramm gegebenen Beispiel versuchen wir herauszufinden, wie viel von den verschiedenen Brotsorten gebacken werden sollten, um den Gesamtprofit zu maximieren.

Auswahl der Zielzelle

Die Zielzelle in diesem Beispielmodell hat die Bezeichnung **Gesamtprofit**. Dies ist die Zelle, deren Wert minimiert oder maximiert werden soll, oder die Zelle, deren Wert so gut wie möglich einem voreingestellten Wert angenähert werden soll. So wird die Zielzelle angegeben:

1) *Stellen Sie die Option* **Optimierungsziel** *auf „Maximum" ein.*

2) *Geben Sie die Zielzelle* **($I$11)** *in das Feld* **Zelle** *ein.*

In den Dialogfeldern von Evolver können Zellverweise auf zwei Weisen eingegeben werden: 1) Sie können mit dem Cursor in das Feld klicken und dann den Verweis direkt in das Feld eingeben oder 2), Sie können im betreffenden Feld auf das Symbol für **Verweiseingabe** klicken und dann die gewünschten Arbeitsblattzellen direkt mit der Maus auswählen.

Hinzufügung anpassbarer Zellbereiche

Sie müssen jetzt angeben, wo sich die Zellen befinden, deren Werte Evolver anpassen soll, um nach Lösungen zu suchen. Diese Variablen werden blockweise hinzugefügt und bearbeitet, und zwar unter *Anpassbare Zellbereiche* im Dialogfeld **Modell.** Die Anzahl der Zellen, die unter *Anpassbare Zellbereiche* eingegeben werden können, hängt ganz davon ab, welche Version von Evolver Sie verwenden.

1) *Klicken Sie unter* **Anpassbare Zellbereiche** *auf* **Hinzufügen.**

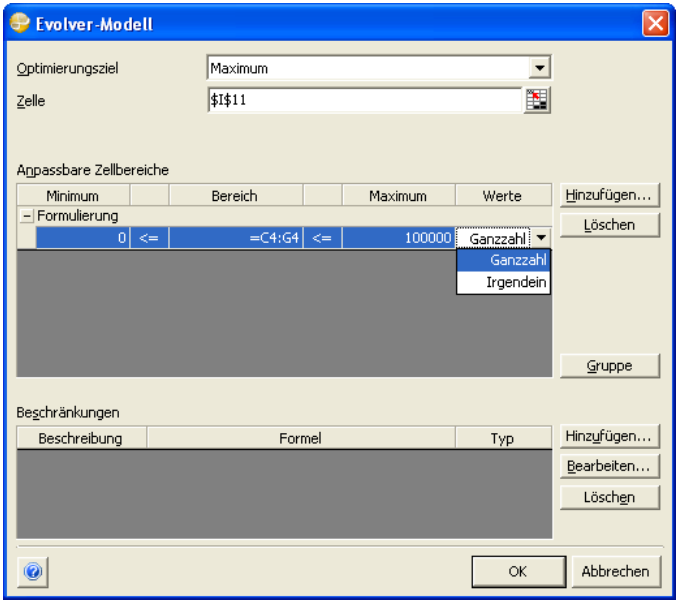
2) *Wählen Sie* **$C$4:$G$4** *aus, da dies in Excel die Zellen sind, die als anpassbarer Zellbereich hinzugefügt werden sollen.*

Eingabe des Min-Max-Bereichs für anpassbare Zellen

Meistens ist es angebracht, die möglichen Werte für einen anpassbaren Zellbereich auf einen bestimmten Min-Max-Bereich zu begrenzen. In Evolver wird das „Bereichsbeschränkung" genannt. Dieser Min-Max-Bereich kann schnell und mühelos bei Auswahl der anzupassenden Zellen eingegeben werden. In dem Beispiel **Bäckerei** umfasst dieser Bereich einen möglichen Minimalwert von 0 und einen Maximalwert von 100.000 für die Anzahl der Brote die von jeder Sorte gebacken werden sollen. Sie können diese Bereichsbeschränkung wie folgt eingeben:

1) *Geben Sie 0 in die Zelle* **Minimum** *und 100.000 in die Zelle* **Maximum** *ein.*

2) *Wählen Sie in der Zelle* **Werte** *aus der Dropdown-Liste den Eintrag* **Ganzzahl.**

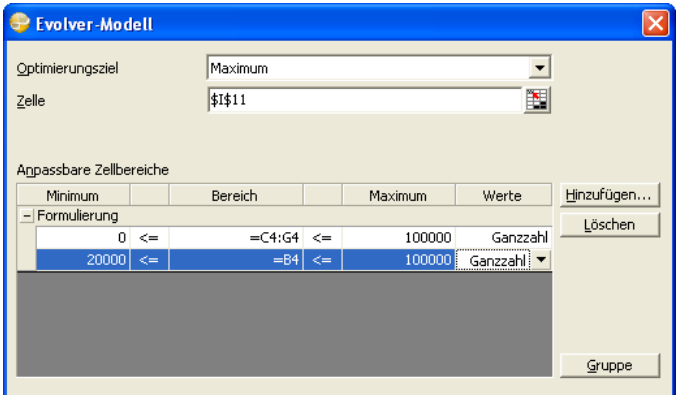


Geben Sie jetzt einen zweiten anzupassenden Zellbereich ein:

1) *Klicken Sie auf* **Hinzufügen**, *um eine zweite anpassbare Zelle einzugeben.*

2) *Wählen Sie die Zelle B4.*

3) *Geben Sie 20.000 als Minimum und 100.000 als Maximum ein.*



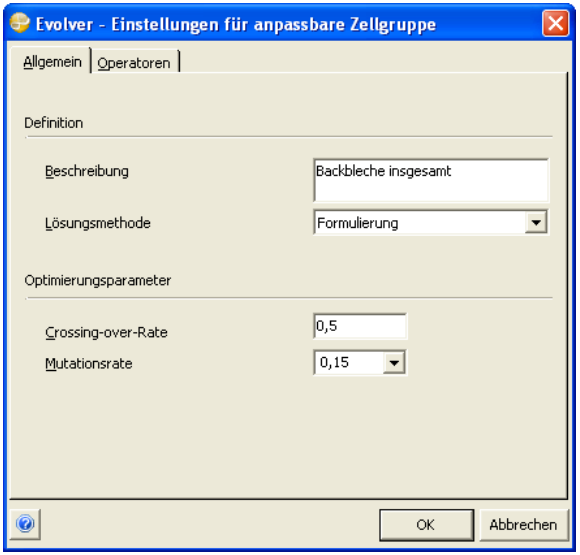
Dadurch wird die letzte anpassbare Zelle (B4) angegeben, die die Produktionsebene für kalorienarmes Brot darstellt.

Wenn dieses Problem noch weitere Variablen hätte, würden wir diese ebenfalls als Sätze von anpassbaren Zellen hinzufügen. In Evolver können Sie eine unbegrenzte Anzahl von anpassbaren Zellgruppen erstellen. Sie brauchen zu diesem Zweck lediglich erneut auf „**Hinzufügen** klicken.

Etwas später möchten Sie vielleicht die anpassbaren Zellen überprüfen oder einige der zugehörigen Einstellungen ändern. Das kann mühelos durch Bearbeitung des Min-Max-Bereichs in der Tabelle geschehen. Auch können Sie einen Satz von Zellen auswählen und dann auf **Löschen** klicken, um diesen zu entfernen.

Auswahl einer Lösungsmethode

Beim Definieren von anpassbaren Zellen können Sie die zu verwendende ***Lösungsmethode*** angeben. Für verschiedene Arten von anpassbaren Zellen sind unterschiedliche Lösungsmethoden erforderlich. Lösungsmethoden werden jeweils für eine Gruppe von anpassbaren Zellen eingestellt und können durch Klicken auf **Gruppe** und Anzeige des Dialogfelds **Einstellungen für anpassbare Zellgruppen** geändert werden. Oft wird die standardmäßige Lösungsmethode **Formulierung** verwendet, bei der der Wert jeder einzelnen Zelle unabhängig von den anderen Zellen geändert werden kann. Da **Formulierung** bereits als Standardmethode ausgewählt ist, braucht hier nichts geändert werden.



Die Lösungsmethoden **Formulierung** und **Reihenfolge** sind am beliebtesten und können auch zusammen verwendet werden, um komplexe, kombinatorische Probleme zu lösen. Durch die Lösungsmethode **Formulierung** wird jede Variable als Bestandteil einer Formulierung behandelt und es wird versucht, die „beste Kombination“ zu finden, indem der Wert der einzelnen Variablen unabhängig voneinander geändert wird. Im Gegensatz dazu werden bei der Lösungsmethode **Reihenfolge** die Werte unter den Variablen ausgetauscht. Mit anderen Worten, die Originalwerte werden neu angeordnet, um die beste Reihenfolge zu finden.

Bei diesem Modell behalten Sie **Formulierung** als Lösungsmethode und

- **geben dann einfach die Bezeichnung *Fertige Brote* in das Feld *Beschreibung* ein.**

Beschränkungen

Evolver ermöglicht Ihnen, Beschränkungen einzugeben. Dabei handelt es sich um Bedingungen, die eingehalten werden müssen, um eine gültige Lösung zu generieren. In diesem Beispielmodell müssen drei zusätzliche Beschränkungen eingehalten werden, damit für jede Brotart ein Satz von möglichen Produktionsebenen eingesetzt werden kann. Diese beiden Beschränkungen sind zusätzlich zu den Bereichsbeschränkungen, die bereits für die anpassbaren Zellen eingegeben wurden. Zusätzliche Beschränkungen:

1) **Einhaltung eines akzeptablen Verhältnisses zwischen möglichst hohem Ballaststoff- und möglichst geringem Kaloriengehalt (Brote mit hohem Ballaststoffgehalt >= 1,5 * der gebackenen kalorienarmen Brote)**
2) **Einhaltung eines akzeptablen Verhältnisses zwischen den Fünfkornbroten und Broten mit geringem Kaloriengehalt (Fünfkornbrote >= 1,5 * der kalorienarmen Brote)**
3) **Produktionszeit muss innerhalb der vorgeschriebenen Mannstunden-Begrenzung liegen (Mannstunden insgesamt < 50.000)**

Mit jeder durch Evolver errechneten möglichen Lösung für Ihr Modell wird genau überprüft, ob die eingegebenen Beschränkungen auch eingehalten werden.

Beschränkungen werden im Dialogfeld **Evolver – Modell** ganz unten unter **Beschränkungen** angezeigt. In Evolver können zwei Arten von Beschränkungen angegeben werden:

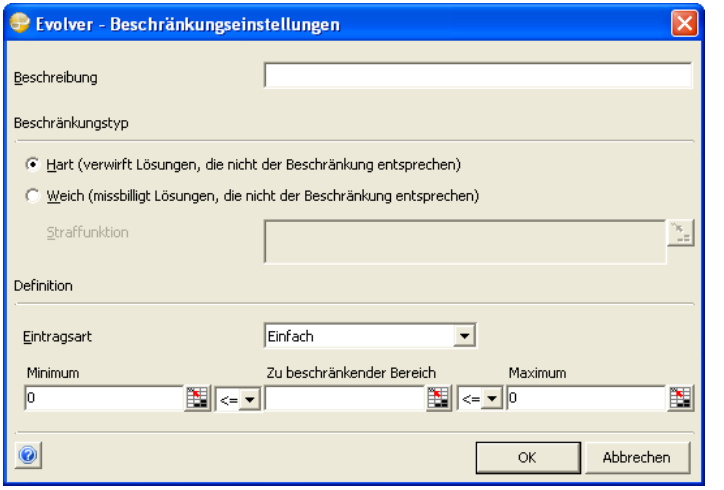
- Harte Beschränkungen Dies sind Bedingungen, die eingehalten werden müssen, um eine gültige Lösung zu erhalten (bei einer harten Iterationsbeschränkung könnte es sich z. B. um C10<=A4 handeln, in welchem Fall die Lösung verworfen werden würde, wenn durch sie für C10 ein Wert generiert wird, der größer ist als der Wert in Zelle A4).
- **Weiche Beschränkungen** Dies sind Bedingungen, die so gut wie möglich eingehalten werden sollten, die aber kompromittiert werden können, um ein erheblich besseres Fitness- oder Zielzellenergebnis zu erhalten. Bei einer weichen Beschränkung könnte es sich z. B. um C10<100 handeln. In diesem Fall könnte C10 zwar größer als 100 sein, aber dann würde der für die Zielzelle berechnete Wert reduziert werden, und zwar gemäß der von Ihnen eingegebenen Strafpunkte.

Hinzufügung einer Beschränkung

Vorgehensweise:

1) ***Klicken Sie in* Evolver *im Hauptdialogfeld unter* Beschränkungen *auf* Hinzufügen.**

Dadurch wird das Dialogfeld **Beschränkungseinstellungen** angezeigt, in das Sie die Beschränkungen für Ihr Modell eingeben können.



Einfache Wertebereichs- und Formel-beschränkungen

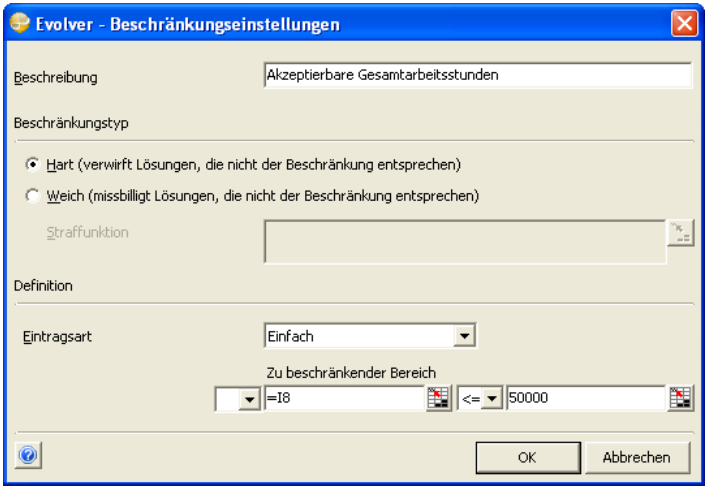
Zwei Formate – *Einfach* und *Formel* – können zur Eingabe von Beschränkungen verwendet werden. Das Format **Einfacher Wertebereich** ermöglicht die Eingabe von Beschränkungen unter Verwendung einfacher Vergleiche, wie z. B. <, <=, >, >= oder =. Eine typische Beschränkung des Formats **Einfacher Wertebereich** wäre z. B. *0<Value of A1<10*, wobei **A1** in das Feld *Zellbereich*, **0** in das Feld *Min* und **10** in das Feld *Max* eingegeben wird. Der gewünschte Operator wird dann in den Dropdown-Listenfeldern ausgewählt. Bei diesem Beschränkungsformat kann entweder ein Minimalwert oder ein Maximalwert oder auch beides eingegeben werden.

Eine Formelbeschränkung macht es dagegen möglich, irgendeine gültige Excel-Formel (z. B. A19<(1,2*E7)+E8) als Beschränkung einzugeben. Bei jeder möglichen Lösung wird durch Evolver im Falle einer Formelbeschränkung auch geprüft, ob die eingegebene Formel dem Wert WAHR oder FALSCH entspricht (d. h. ob die Beschränkung eingehalten wurde). Falls eine Boolesche Formel in einer Arbeitsblattzelle als Beschränkung verwendet werden soll, brauchen Sie im Feld *Formel* des Dialogfelds **Beschränkungseinstellungen** nur auf die betreffende Zelle verweisen.

Um die Beschränkungen für das Modell **Bäckerei** einzugeben, müssen Sie drei neue Beschränkungen angeben. Es handelt sich hier um harte Beschränkungen, da die eingegebenen Bedingungen eingehalten werden müssen, um die mögliche Lösung durch Evolver nicht verwerfen zu lassen. Zuerst einmal die harten Formatsbeschränkungen für *Einfacher Wertebereich* eingeben:

1) ***Geben Sie in das Beschreibungsfeld* Akzeptierbare Gesamtarbeitsstunden *ein.***
2) ***Geben Sie in das Feld* Zu beschränkender Bereich *den Wert* 18 *ein.***
3) ***Wählen Sie rechts von* Zu beschränkender Bereich *den Operator* <= *aus.***
4) ***Geben Sie in das Feld* Maximum *den Wert* 50.000 *ein.***
5) ***Löschen Sie im Feld* Minimum *den Standardwert* 0.**
6) ***Löschen Sie links von* Zu beschränkender Bereich *den Operator, indem Sie in der Dropdown-Liste einen leeren Eintrag wählen.***

7) *Klicken Sie auf* **OK**, *um diese Beschränkung einzugeben.*



Geben Sie jetzt das Formelformat für harte Beschränkungen ein:

1) *Klicken Sie auf* **Hinzufügen**, *um erneut das Dialogfeld* **Beschränkungseinstellungen** *anzuzeigen.*

2) *Geben Sie in das Beschreibungsfeld den Text* **Akzeptierbares Verhältnis zwischen hohem Ballaststoff- und geringem Kaloriengehalt** *ein.*

3) *Wählen Sie im Feld* **Eintragsart** *den Eintrag* **Formel** *aus.*

4) *Geben Sie in das Feld* **Formelbeschränkung** *den Wert* **C4>= 1,5*B4** *ein.*

5) *Klicken Sie auf* **OK.**

6) *Klicken Sie auf* **Hinzufügen**, *um erneut das Dialogfeld* **Beschränkungseinstellungen** *anzuzeigen.*

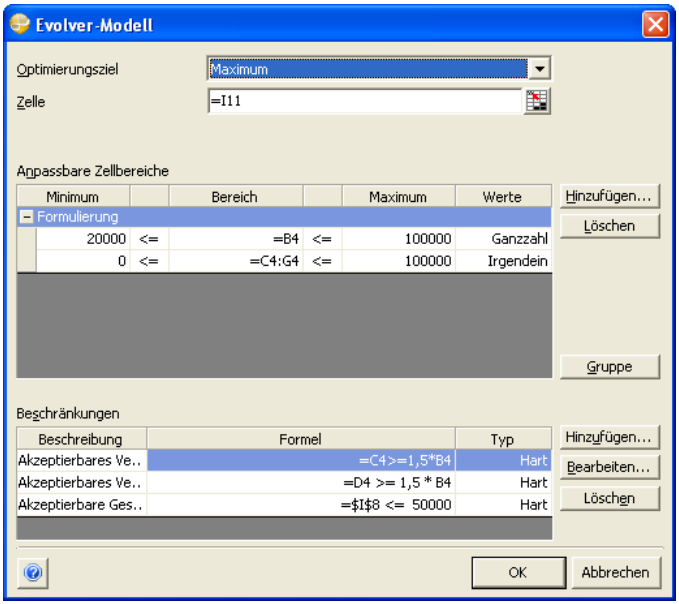
7) *Geben Sie in das Beschreibungsfeld den Text* **Akzeptierbares Verhältnis zwischen Fünfkorn- und geringem Kaloriengehalt** *ein.*

8) *Wählen Sie im Feld* **Eintragsart** *den Eintrag* **Formel** *aus.*

9) *Geben Sie in das Feld* **Formelbeschränkung** *den Wert* **D4>= 1,5*B4** *ein.*

10) *Klicken Sie auf* **OK.**

Das Dialogfeld **Evolver – Modell** sollte mit den eingegebenen Beschränkungen wie folgt aussehen:



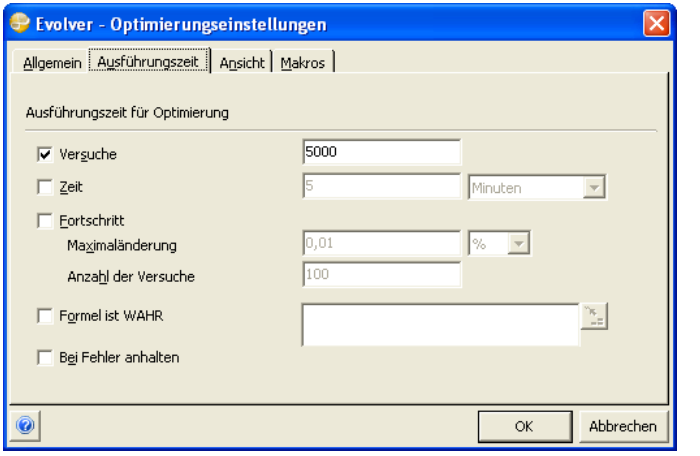
Andere Evolver-Optionen

Um zu steuern, wie Evolver sich während einer Optimierung verhalten soll, sind Optionen, wie z. B. *Anzeige aktualisieren, Ausgangszufallwert* und *Anhaltebedingungen*, verfügbar. Hier sind einige Einstellmöglichkeiten für *Anhaltebedingungen* und *Anzeige aktualisieren.*

Anhalte-bedingungen

Evolver kann beliebig lange ausgeführt werden. Mithilfe der Anhaltebedingungen wird Evolver angewiesen, automatisch anzuhalten, wenn entweder: **a)** *eine bestimmte Anzahl an Szenarien oder Versuchen ausgeführt wurde oder* **b)** *eine bestimmte Zeitspanne verstrichen ist,* **c)** *keine Verbesserung in den letzten* ***n*** *Szenarien festgestellt wurde oder* **d)** *die eingegebene Excel-Formel dem Wert WAHR entspricht.* So können die Anhaltebedingungen angezeigt und bearbeitet werden:

1) ***Klicken Sie in der*** **Evolver-*Symbolleiste auf das Symbol für* Optimierungseinstellungen.**
2) ***Wählen Sie die Registerkarte*** **Ausführungszeit.**



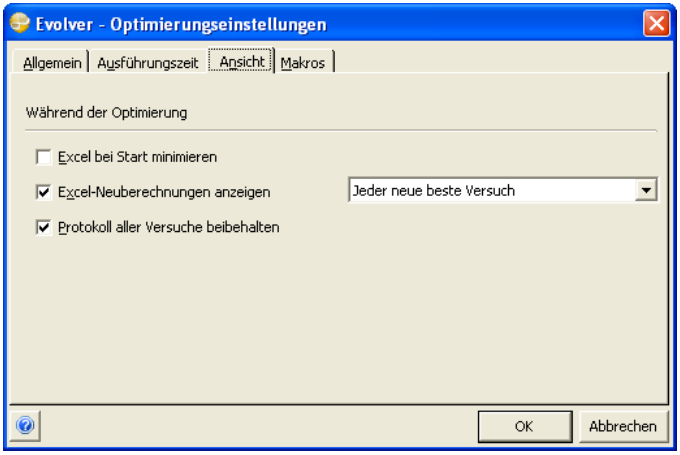
Im Dialogfeld **Optimierungseinstellungen** können Sie jede beliebige Kombination dieser Optimierungsanhaltebedingungen auswählen oder auch überhaupt keine. Falls Sie mehr als eine Anhaltebedingung wählen, stoppt Evolver, sobald eine der ausgewählten Bedingungen eintritt. Wenn Sie dagegen überhaupt keine Anhaltebedingung auswählen, wird Evolver so lange ausgeführt, bis Sie den Vorgang manuell anhalten, indem Sie in der Evolver-Symbolleiste auf die Schaltfläche **Stop** drücken.

Versuche	Minuten	Änderung im letzten	Formel ist WAHR
Durch diese Option wird die Anzahl der Versuche eingestellt, die Evolver ausführen soll. In jedem Versuch wertet Evolver einen kompletten Satz von Variablen oder eine mögliche Lösung für das Problem aus.	Evolver wird angehalten, sobald eine bestimmte Zeitspanne verstrichen ist. Dies kann durch eine Dezimalzahl angegeben werden (z. B. 4,25).	Diese Anhaltebedingung wird am beliebtesten benutzt, weil dadurch die Verbesserung festgehalten und Evolver so lange ausgeführt wird, bis kaum noch Verbesserungen auftreten. Evolver könnte z. B. angehalten werden, wenn bereits 100 Versuche ausgeführt worden sind und immer noch keine Änderung im bisher besten Szenario festgestellt wurde.	Evolver wird angehalten, wenn die eingegebene Excel-Formel in einer Neuberechnung des Modells dem Wert WAHR entspricht.

- Schalten Sie alle Anhaltebedingungen aus, um Evolver unbehindert ausführen zu können.

Ansichtsoptionen

Während Evolver ausgeführt wird, stehen auf der Registerkarte **Ansicht** mehrere Optionen zur Verfügung, über die festgelegt werden kann, was auf dem Bildschirm zu sehen sein soll.



Unter **Während der Optimierung** können folgende Optionen eingestellt werden:

Jeder Versuch	Jeder neue beste Versuch	Niemals
Durch diese Option wird der Bildschirm nach jeder Berechnung neu gezeichnet. Dadurch können Sie sehen, wie Evolver die Variablen jeweils neu anpasst und die Ausgabe neu berechnet. Diese Option sollte eingeschaltet sein, während Sie sich mit Evolver vertraut machen oder Evolver auf ein neues Modell angewendet wird. Dadurch kann festgestellt werden, ob das Modell die Berechnungen auch ordnungsgemäß vornimmt.	Über diese Option wird der Bildschirm jedesmal neu gezeichnet, wenn Evolver eine neue beste Antwort generiert. Dadurch ist während der Optimierung stets die aktuelle optimale Lösung zu sehen.	Wenn diese Option aktiviert ist, wird der Bildschirm während der Optimierung nie neu gezeichnet. Dadurch ergeben sich die schnellstmöglichen Optimierungen, aber Sie erhalten dabei nur sehr wenig Feedback über die berechneten Ergebnisse.

- **Schalten Sie *Jeder Versuch* ein.**

Ausführung der Optimierung

Jetzt braucht dieses Modell nur noch optimiert werden, um den Gesamtprofit zu maximieren und dabei die Richtlinien für die Produktionsbegrenzung einzuhalten. Vorgehensweise:

1) ***Klicken Sie auf* OK, *um das Dialogfeld* Optimierungseinstellungen *zu beenden.***

2) ***Klicken Sie auf das Symbol für* Optimierung starten.**

Evolver beginnt jetzt, an Ihrem Problem zu arbeiten und Sie sehen die aktuellen besten Werte für die anpassbaren Zellen (*Fertige Brote*) in der Kalkulationstabelle. Der beste Wert für *Gesamtprofit* ist in der markierten Zelle zu sehen.

Während dieser Vorgang ausgeführt wird, ist im Fenster **Evolver-Fortschritt** Folgendes zu sehen: 1) die beste bisher gefundene Lösung, 2) der Originalwert der Zielzelle bei Beginn der Evolver-Optimierung, 3) die Anzahl der Versuche in Ihrem Modell, die bisher ausgeführt wurden, und die Anzahl der davon gültigen Versuche (d. h. bei denen alle Beschränkungen eingehalten wurden) und 4) die bisher während der Optimierung verstrichene Zeit.

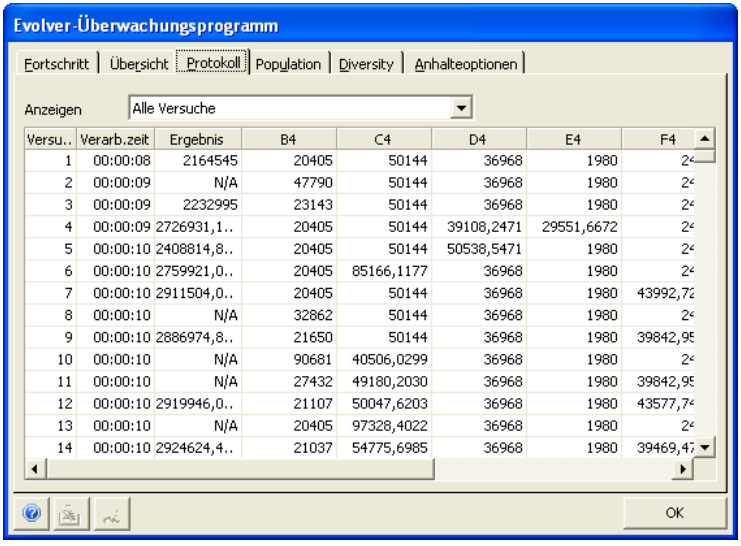
Sie können jederzeit während der Ausführung auf das Symbol für **Excel-Aktualisierungsoptionen** klicken, um bei jedem Versuch eine Echtzeit-Aktualisierung des Bildschirms zu sehen.

Evolver-Überwachungs-programm

In Evolver kann auch ein kontinuierliches Protokoll der für jede Probelösung ausgeführten Simulationen angezeigt werden. Dieses Protokoll ist während der Ausführung von Evolver im Evolver-Überwachungsprogramm zu sehen. Das Überwachungsprogramm ermöglicht Ihnen, viele Aspekte des Problems zu untersuchen und zu ändern, während Evolver an diesem arbeitet. Das kontinuierliche Protokoll der ausgeführten Simulationen kann wie folgt angezeigt werden:

1) ***Klicken Sie im Fenster* Evolver-Fortschritt *auf das Symbol für* Überwachungsprogramm *(d. h. auf die Lupe), um das Evolver-Überwachungsprogramm anzuzeigen.***

2) ***Klicken Sie auf die Registerkarte* Protokoll.**



Versu..	Verarb.zeit	Ergebnis	B4	C4	D4	E4	F4
1	00:00:08	2164545	20405	50144	36968	1980	2
2	00:00:09	N/A	47790	50144	36968	1980	2
3	00:00:09	2232995	23143	50144	36968	1980	2
4	00:00:09	2726931,1..	20405	50144	39108,2471	29551,6672	2
5	00:00:10	2408814,8..	20405	50144	50538,5471	1980	2
6	00:00:10	2759921,0..	20405	85166,1177	36968	1980	2
7	00:00:10	2911504,0..	20405	50144	36968	1980	43992,7
8	00:00:10	N/A	32862	50144	36968	1980	2
9	00:00:10	2886974,8..	21650	50144	36968	1980	39842,9
10	00:00:10	N/A	90681	40506,0299	36968	1980	2
11	00:00:10	N/A	27432	49180,2030	36968	1980	39842,9
12	00:00:10	2919946,0..	21107	50047,6203	36968	1980	43577,7
13	00:00:10	N/A	20405	97328,4022	36968	1980	2
14	00:00:10	2924624,4..	21037	54775,6985	36968	1980	39469,4

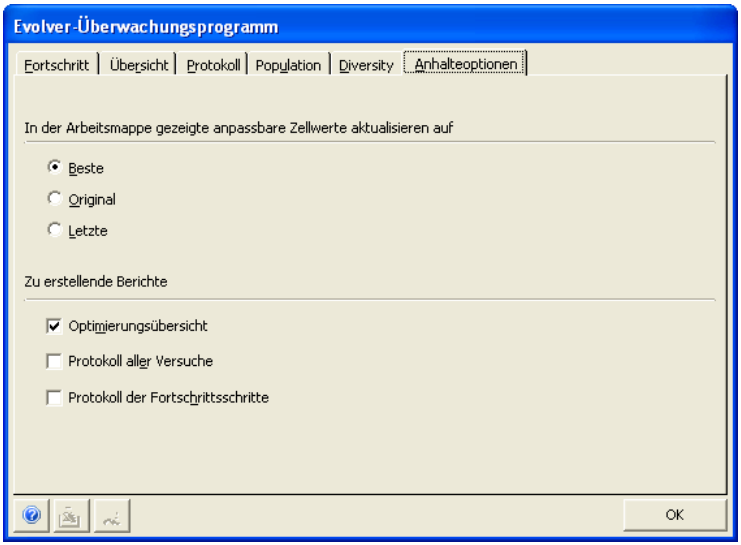
In diesem Bericht sind die Simulationsergebnisse jeder Probelösung zu sehen. Die Spalte *Ergebnis* zeigt für jeden Versuch den Wert der Zielzelle, der maximiert oder minimiert werden soll – in diesem Fall der *Gesamtprofit* in $I$11. Aus den Spalten *C4* bis *G4* gehen die Werte hervor, die für die anpassbaren Zellen verwendet wurden.

Anhalten der Optimierung

Nach fünf Minuten wird die Optimierung durch Evolver angehalten. Sie können die Optimierung aber auch anhalten, indem Sie

1) ***Im Fenster* Evolver-Überwachungsprogramm *oder* Evolver-Fortschritt *auf das Symbol für* Stop *klicken.***

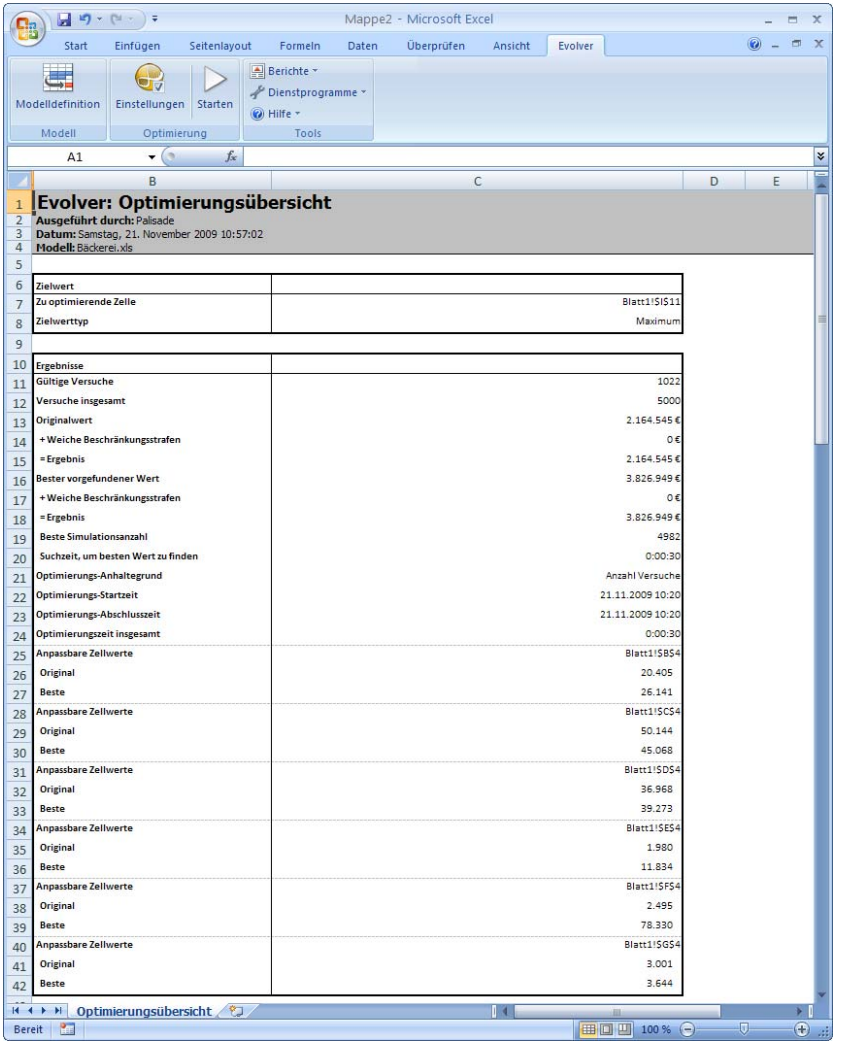
Sobald der Evolver-Prozess angehalten wird, ist die Registerkarte **Anhalteoptionen** zu sehen, auf der folgende Optionen verfügbar sind:



Dieselben Optionen werden automatisch angezeigt, wenn irgendwelche der im Dialogfeld **Evolver-Optimierungseinstellungen** eingestellten Anhaltebedingungen eingehalten werden.

Übersichtsbericht

In Evolver können Sie einen Optimierungsübersichtsbericht erstellen, der Informationen, wie z. B. Datum und Urzeit der Ausführung, die verwendeten Optimierungseinstellungen, den für die Zielzelle berechneten Wert und den Wert der einzelnen anpassbaren Zellen, enthält.



Dieser Bericht kann dazu verwendet werden, die Ergebnisse von aufeinander folgenden Optimierungen zu vergleichen.

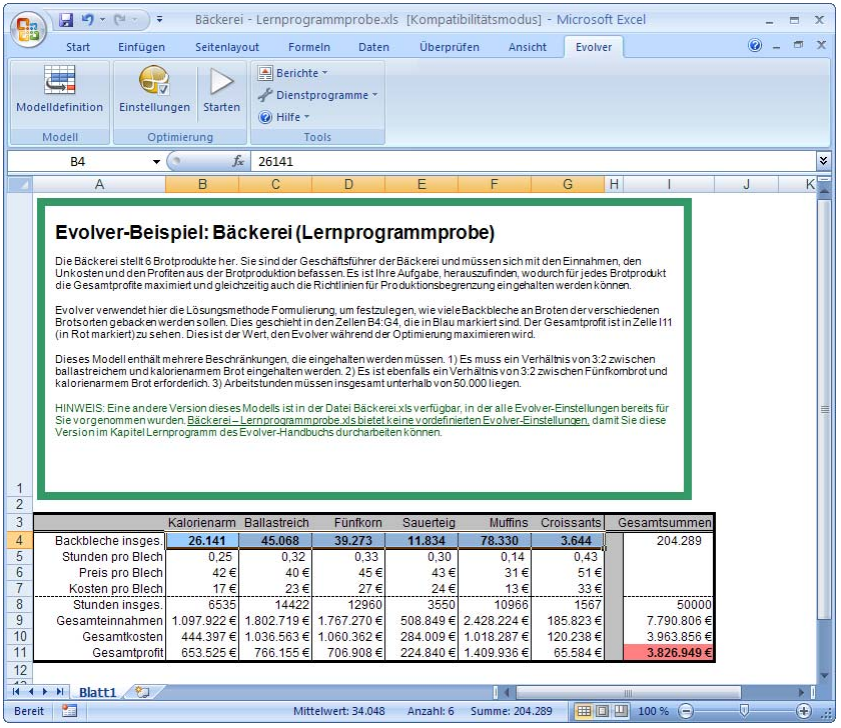
Platzierung der Ergebnisse im Modell

So können Sie in Ihrem Arbeitsblatt die neue, optimierte Kombination von Produktionsebenen für die Bäckerei den sechs verschiedenen Brotarten zuweisen:

1) *Klicken Sie auf die Schaltfläche* **Stop.**

2) *Achten Sie darauf, dass die Option* **In der Arbeitsmappe gezeigte anpassbare Zellwerte aktualisieren auf** *auf* **Beste** *eingestellt ist.*

Sie kehren dann zur Kalkulationstabelle Bäckerei – Lernprogrammprobe.xls zurück, in der jetzt die neuen Variablen zu sehen sind, durch die die beste Lösung erstellt wurde.


Bäckerei - Lernprogrammprobe.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
B4
26141
Evolver-Beispiel: Bäckerei (Lernprogrammprobe)
Die Bäckerei stellt 6 Brotprodukte her. Sie sind der Geschäftsführer der Bäckerei und müssen sich mit den Einnahmen, den Unkosten und den Profiten aus der Brotproduktion befassen. Es ist Ihre Aufgabe, herauszufinden, wodurch für jedes Brotprodukt die Gesamtprofite maximiert und gleichzeitig auch die Richtlinien für Produktionsbegrenzung eingehalten werden können.
Evolver verwendet hier die Lösungsmethode Formulierung, um festzulegen, wie viele Backbleche an Broten der verschiedenen Brotsorten gebacken werden sollen. Dies geschieht in den Zellen B4:G4, die in Blau markiert sind. Der Gesamtprofit ist in Zelle I11 (in Rot markiert) zu sehen. Dies ist der Wert, den Evolver während der Optimierung maximieren wird.
Dieses Modell enthält mehrere Beschränkungen, die eingehalten werden müssen. 1) Es muss ein Verhältnis von 3:2 zwischen ballaststreichem und kalorienarmem Brot eingehalten werden. 2) Es ist ebenfalls ein Verhältnis von 3:2 zwischen Fünfkornbrot und kalorienarmem Brot erforderlich. 3) Arbeitsstunden müssen insgesamt unterhalb von 50.000 liegen.
HINWEIS: Eine andere Version dieses Modells ist in der Datei Bäckerei.xls verfügbar, in der alle Evolver-Einstellungen bereits für Sie vorgenommen wurden. Bäckerei – Lernprogrammprobe.xls bietet keine vordefinierten Evolver-Einstellungen, damit Sie diese Version im Kapitel Lernprogramm des Evolver-Handbuchs durcharbeiten können.
Kalorienarm Ballastreich Fünfkorn Sauerteig Muffins Croissants Gesamtsummen
Backbleche insges. 26.141 45.068 39.273 11.834 78.330 3.644 204.289
Stunden pro Blech 0,25 0,32 0,33 0,30 0,14 0,43
Preis pro Blech 42 € 40 € 45 € 43 € 31 € 51 €
Kosten pro Blech 17 € 23 € 27 € 24 € 13 € 33 €
Stunden insges. 6535 14422 12960 3550 10966 1567 50000
Gesamteinnahmen 1.097.922 € 1.802.719 € 1.767.270 € 508.849 € 2.428.224 € 185.823 € 7.790.806 €
Gesamtkosten 444.397 € 1.036.563 € 1.060.362 € 284.009 € 1.018.287 € 120.238 € 3.963.856 €
Gesamtprofit 653.525 € 766.155 € 706.908 € 224.840 € 1.409.936 € 65.584 € 3.826.949 €
Blatt1
Bereit
Mittelwert: 34.048
Anzahl: 6
Summe: 204.289
100 %

WICHTIGER HINWEIS: In unserem Beispiel ist zwar zu sehen, dass* Evolver *eine Lösung gefunden hat, die einen Gesamtprofit von 3.940.486 ergibt, aber das von Ihnen erarbeitete Ergebnis kann durchaus höher oder niedriger ausfallen. Diese Differenzen ergeben sich dadurch, dass Evolver sich in folgendem wichtigen Punkt von allen anderen problemlösenden Algorithmen unterscheidet: Der Zufallsprozess des gentechnischen Algorithmussystems ermöglicht Evolver, eine größere Vielfalt von Problemen zu lösen und bessere Lösungen zu finden.

Wenn Sie nach Ausführung von Evolver irgendein Arbeitsblatt speichern, werden alle Einstellungen in den Evolver-Dialogfeldern gleich mit gespeichert, selbst wenn Sie die Originalwerte des Arbeitsblattes nach Ausführung von Evolver wiederherstellen. Beim nächsten Öffnen des Arbeitsblattes werden dadurch die neuesten Evolver-Einstellungen automatisch mit geladen. In all den anderen Arbeitsblattbeispielen sind die Evolver-Einstellungen bereits vorhanden, sodass mit dem Optimieren sofort begonnen werden kann.

HINWEIS: Falls Sie das Modell Bäckerei mit vollständig voreingestellten Optimierungseinstellungen sehen möchten, sollten Sie das Beispielmodell Bäckerei.xls öffnen.

Kapitel 4: Anwendungsbeispiele

Einführung **49**
Werbungsauswahl **51**
Alphabetisieren **53**
Zuweisung von Aufgaben **57**
Bäckerei **61**
Budgetzuweisung **63**
Chemisches Gleichgewicht **67**
Klassenablaufsplanung **69**
Codesegmentierung **73**
Dakota: Routing mit Beschränkungen **77**
Ablaufsplanung für Metallarbeitsjobs **81**
Funkturmposition **83**
Ausgleich des Portfolios **87**
Kombinieren des Portfolios **91**
Kraftwerke **93**
Einkauf **95**
Handelsvertreterproblem **97**
Raumfahrtnavigation **99**
Wertpapierhändler **101**
Transformator **103**
Transport **105**

Einführung

In diesem Kapitel wird erklärt, wie Evolver in verschiedenen Anwendungen verwendet werden kann. Diese Beispiele enthalten evtl. nicht sämtliche Funktionen, die Sie in Ihren eigenen Modellen einsetzen möchten, und sollten daher mehr als Anregungen und Vorlagen verwendet werden. Alle diese Beispiele zeigen, dass die Evolver-Lösungen meistens auf Beziehungen beruhen, die bereits in Ihrem Arbeitsblatt vorhanden sind. Es ist daher wichtig, dass Ihr Arbeitsblattmodell das zu lösende Problem auch genau den Tatsachen entsprechend darstellt.

Alle Excel-Arbeitsblattbeispiele sind im Verzeichnis EVOLVER5 zu finden, und zwar in dem Unterverzeichnis EXAMPLES. Die Beispiele sind in diesem Kapitel alphabetisch aufgelistet. Für die Beispiele werden folgende Farbcodierungskonventionen verwendet:

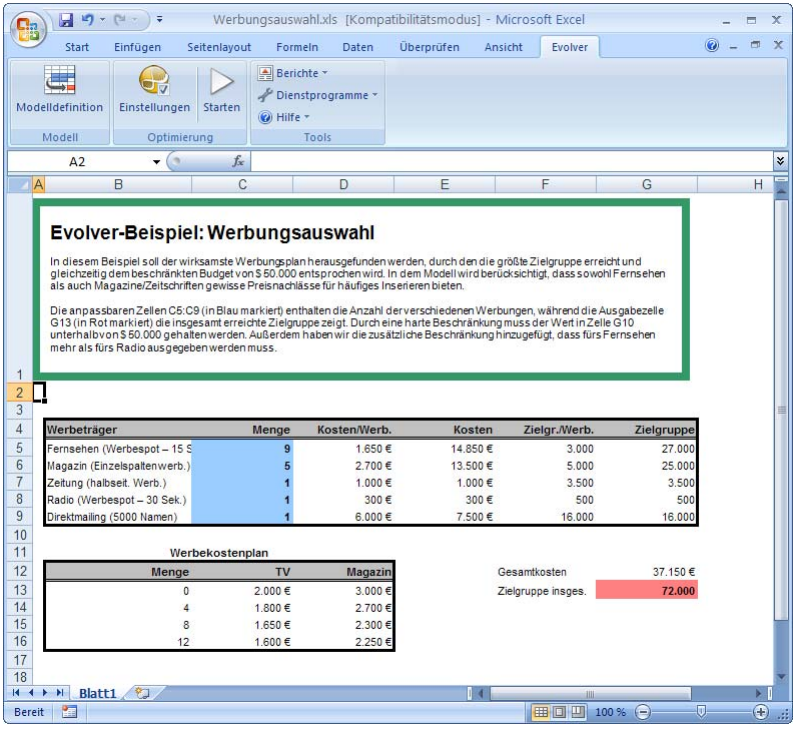
- *blau dargestellte Zellen . . . . . anpassbare Zellen, die Evolver entsprechend anpassen wird.*
- *rot dargestellte Zellen . . . . . die Zielzellen.*

In allen diesen Beispielen sind die Evolver-Einstellungen, z. B. Zielzelle, anpassbare Zellen, Lösungsmethoden, Beschränkungen usw., bereits ausgewählt. Sie sollten diese Dialogfeldeinstellungen jedoch vor dem Optimieren erst einmal überprüfen. Durch Experimentieren mit den Formeln und verschiedenen Evolver-Einstellungen werden Sie schneller mit der Wirkungsweise von Evolver vertraut. Die Modelle ermöglichen Ihnen auch, die Beispieldaten durch Ihre eigenen Daten zu ersetzen. Falls Sie sich entscheiden, diese Beispielblätter zu ändern oder anzupassen, sollten Sie diese vielleicht unter einem anderen Namen speichern, um später weiterhin auf die Originalbeispiele Bezug nehmen zu können.

Werbungsauswahl

Eine Werbeagentur steht vor der Aufgabe, die rationellste Methode ausfindig zu machen, um die Werbungsausgaben so einzuplanen, dass die Zielgruppe maximal erfasst wird. Die Ausgaben dürfen das dafür vorgesehene Budget nicht überschreiten und für Fernsehwerbung soll mehr ausgegeben werden als für Werbung übers Radio.

Beispieldatei:	Werbungsauswahl.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die Werbungskäufe im Rahmen des dafür vorgesehenen Budgets auf die Medien zu verteilen, die verschiedene Preisvorteile bieten. Auch soll die Zielgruppe maximal erfasst werden.
Lösungsmethode:	Budget
Ähnliche Probleme:	Budget-Probleme mit zusätzlichen Beschränkungen.



Funktionsweise des Modells

Zuerst müssen wir eine Lösungsmethode auswählen, die Evolver zu erkennen gibt, was mit den Variablen geschehen soll (Beschreibungen der verschiedenen Lösungsmethoden finden Sie in Kapitel 5: Vollständige Informationen).

Dies ist im Grunde ein Problem vom Typ **Budget** mit der zusätzlichen Beschränkung, dass die Ausgaben für Fernsehwerbung höher liegen müssen als die für Radiowerbung.

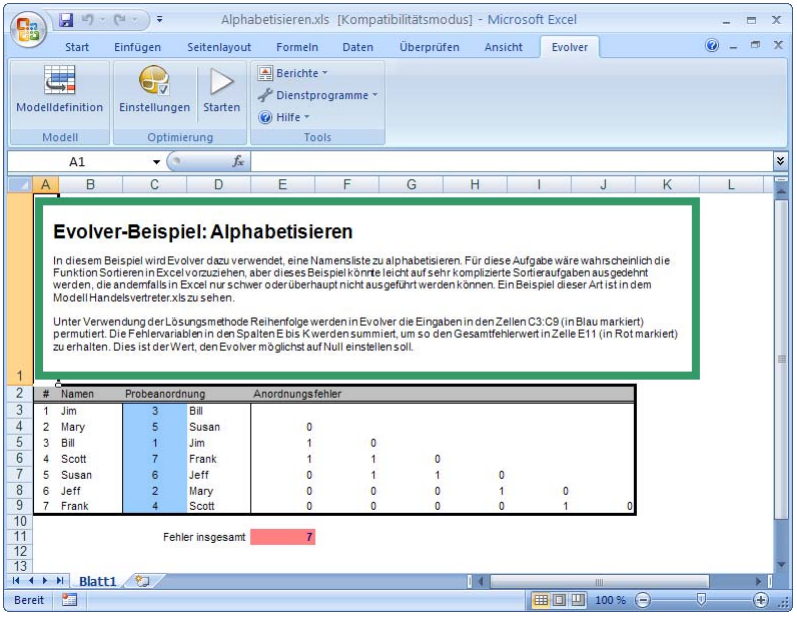
Lösungsmethode

Die durch Evolver anzupassenden Variablen befinden sich in den Zellen C5:C9. Wir werden Evolver veranlassen, diese Variablen mithilfe der Methode **Budget** zu jonglieren, sodass jede Variable einen unabhängigen Wert darstellen kann. Die gesamte Zielgruppe wird durch die Funktion SUM (Summe) in Zelle G13 berechnet. Dies ist die Zelle, die Evolver maximieren soll. Die harten Beschränkungen machen es erforderlich, mehr für Fernsehwerbung als für Radiowerbung auszugeben.

Alphabetisieren

Hier handelt es sich um eine Liste mit sieben Namen, die Evolver für uns alphabetisieren soll. Dieses Beispiel ist zwar recht einfach, aber Evolver könnte auch komplizierte Sortierungen vornehmen, bei denen es sich um voneinander abhängige Daten handelt, oder um Namen, deren genaue Wertigkeit von anderen Informationen im Modell abhängen

Beispieldatei:	Alphabetisieren.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die aufgelisteten Namen zu alphabetisieren
Lösungsmethode:	Reihenfolge
Ähnliche Probleme:	Sortierungsprobleme, die in Excel nicht gelöst werden können

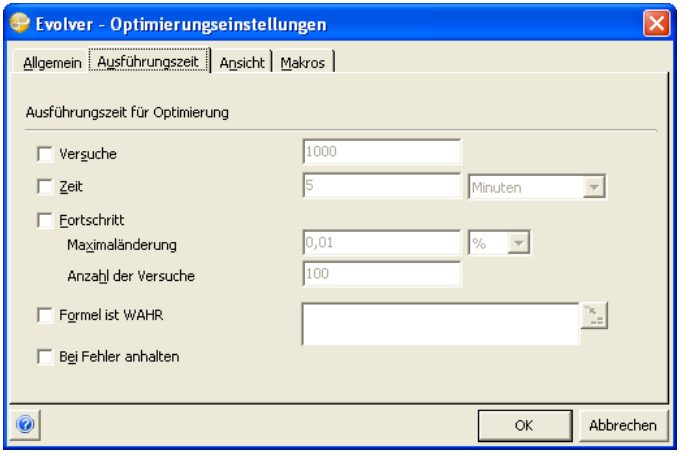

Alphabetisieren.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
A1
Evolver-Beispiel: Alphabetisieren
In diesem Beispiel wird Evolver dazu verwendet, eine Namensliste zu alphabetisieren. Für diese Aufgabe wäre wahrscheinlich die Funktion Sortieren in Excel vorzuziehen, aber dieses Beispiel könnte leicht auf sehr komplizierte Sortieraufgaben ausgedehnt werden, die andernfalls in Excel nur schwer oder überhaupt nicht ausgeführt werden können. Ein Beispiel dieser Art ist in dem Modell Handelsvertreter.xls zu sehen.
Unter Verwendung der Lösungsmethode Reihenfolge werden in Evolver die Eingaben in den Zellen C3:C9 (in Blau markiert) permutiert. Die Fehlervariablen in den Spalten E bis K werden summiert, um so den Gesamtfehlerwert in Zelle E11 (in Rot markiert) zu erhalten. Dies ist der Wert, den Evolver möglichst auf Null einstellen soll.
Namen Probeanordnung Anordnungsfehler
1 Jim 3 Bill
2 Mary 5 Susan 0
3 Bill 1 Jim 1 0
4 Scott 7 Frank 1 1 0
5 Susan 6 Jeff 0 1 1 0
6 Jeff 2 Mary 0 0 0 1 0
7 Frank 4 Scott 0 0 0 0 1 0
Fehler insgesamt 7
Blatt1
Bereit
100 %

Funktionsweise des Modells

Die Datei „Alphabetisieren.xls“ ist ein recht einfaches Modell, das lediglich die in Evolver möglichen Sortierungen veranschaulichen soll. Die Spalte B enthält die Vornamen von sieben Personen und Spalte A den entsprechenden ID-Code für die einzelnen Personen. In Spalte D wird die Excel-Funktion SVERWEIS dazu verwendet, die in Spalte C gewählte Nummer in den entsprechenden Namen umzusetzen. In den Zellen E4:E9 wird eine einfache Strafklausel verwendet, um jedesmal einen Wert von 1 zuzuweisen, wenn ein vorhergehender Name nach einem nachfolgenden Namen aufgelistet wird. Die Summe dieser Fehler ist in Zelle E11 (unserer Zielzelle) zu sehen.

Lösungsmethode

In diesem Modell befinden sich die anzupassenden Variablen in der Spalte C (C3:C9). Wir instruieren Evolver, die Zellen C3:C9 zu jonglieren, und zwar mittels Lösungsmethode **Reihenfolge**. Durch diese Lösungsmethode wird Evolver angewiesen, die Reihenfolge der ausgewählten Werte neu anzuordnen, und zwar durch Umsetzung dieser Variablen und nicht durch Ausprobieren von neuen Werten. Evolver sucht dann für den Gesamtfehler in Zelle E11 den Wert, der dem Wert 0 am nächsten liegt. Sobald diese Zielzelle den Wert 0 erreicht, sind alle Namen in der richtigen Reihenfolge aufgelistet.



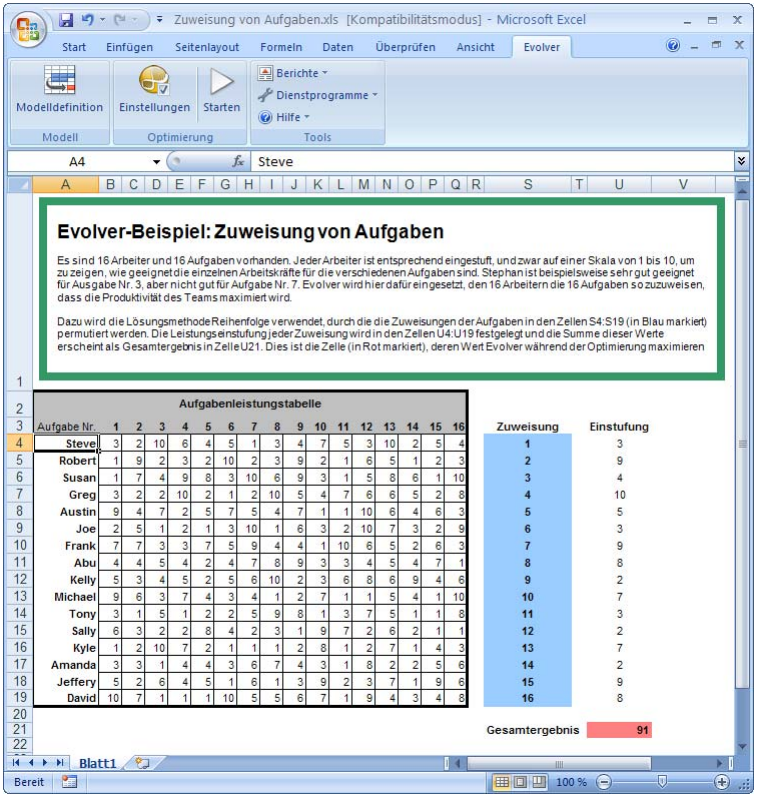
Wird im Dialogfeld **Evolver-Optionen** keine Anhaltekriterien ausgewählt, wird Evolver dadurch angewiesen, so lange weiter zu arbeiten, bis in der Evolver-Symbolleiste auf **Stop** geklickt wird. Aber in diesem Modell haben wir „nächstliegender Wert“ ausgewählt. Evolver wird daher automatisch angehalten, wenn eine Lösung gefunden wird, die dem nächstliegenden Wert von 0 entspricht.

Wir verwenden hier eine kleinere Populationsgröße. Es gibt zwar keine Patentregeln zur Auswahl einer optimalen Populationsgröße, aber im Allgemeinen kann man eine kleinere Populationsgröße wählen, wenn mit Problemen gearbeitet wird, für die nur wenige Lösungen möglich sind. Auf diese Weise können wir dann schneller die geeignetsten Lösungen generieren. Bei diesem Problem gibt es nur 5040 mögliche Reihenfolgen für die 7 Namen.

Zuweisung von Aufgaben

Durch dieses Beispiel wird ein allgemeines Problem modelliert, bei dem es um die Zuweisung von Ressourcen geht. Ein Manager hat hier 16 Mitarbeiter, um 16 Aufgaben auszuführen. Die Fähigkeit der einzelnen Mitarbeiter, die einzelnen Aufgaben auszuführen, ist von 1 bis 10 eingestuft worden (1 = unfähig, die Aufgabe auszuführen, 10 = hochqualifiziert für die Aufgabe). Die Schwierigkeit ist hier, die Mitarbeiter für die gegebenen Aufgaben so einzusetzen, dass die Gesamtproduktivität der Mitarbeiter maximiert wird.

Beispieldatei:	Zuweisung von Aufgaben.xls
Ziel:	Das Ziel ist, den 16 Mitarbeitern die 16 Aufgaben so zuzuweisen, dass die Leistungsfähigkeit der Mitarbeiter insgesamt maximiert wird.
Lösungsmethode:	Reihenfolge
Ähnliche Probleme:	Zuweisungsprobleme; Planen von Besprechungen zu Zeitpunkten, die für die meisten Mitarbeiter am günstigsten sind; Aussuchen der besten Maschinen für eine Reihe von Jobs.



Das Modell enthält ein Raster von 16 x 16 Feldern in den Zellen B4:Q19, in denen die Einstufung der einzelnen Mitarbeiter für die einzelnen Aufgaben zu sehen ist. Durch die rechts vom Raster befindliche Spalte „Gewählte Aufgabe“ (Spalte S) wird jedem Mitarbeiterwillkürlich ein Aufgabe zugewiesen. In der danach folgenden Spalte (Spalte U) wird geprüft, welche Aufgabe zugewiesen wurde und dann die Einstufung der einzelnen Mitarbeiter für diese Aufgabe eingegeben. Schließlich ist das Gesamtergebnis der ganzen Lösung in Zelle U21 zu sehen. Es handelt sich dabei um die Summe aller einzelnen Einstufungen.

Funktionsweise des Modells

Es gibt nur eine Person für jede Aufgabe. Es kann sich also nicht um doppelte Nummern handeln und jede Nummer darf auch nur einmal verwendet werden. Die Einstufung der einzelnen Mitarbeiter für diese Aufgabe wird in Spalte U aufgezeichnet, und zwar unter Verwendung der Funktion INDEX (). Diese Rangpunktwerte werden in Zelle U21 summiert, um so das Gesamtergebnis für die betreffende Gruppe von Aufgaben herauszufinden.

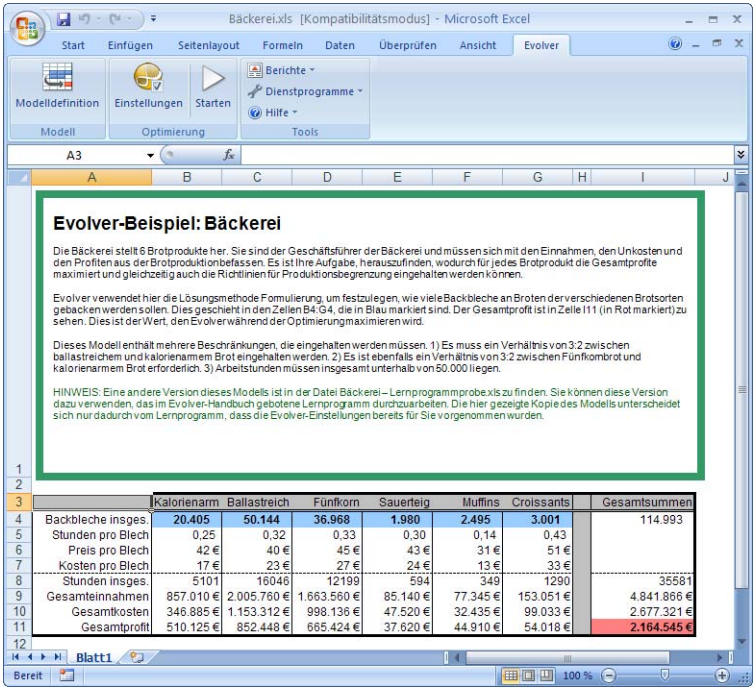
Lösungsmethode

Evolver wird angewiesen, die „Gewählte Aufgabe“-Variablen in Spalte S (S4:S19) entsprechend zu jonglieren. Evolver jongliert dann diese Zellen mittels Lösungsmethode **Reihenfolge**. Durch diese Methode werden die in diesen Zellen vorhandenen Werte permutiert, um sicherzustellen, dass vor Beginn der Optimierung jeder Wert nur einmal dargestellt ist. Evolver wird anschließend angewiesen, den Maximalwert für die Zielzelle (Zelle U21) zu suchen. Je höher dieser Maximalwert, desto besser die gesamte Zuweisung.

Bäckerei

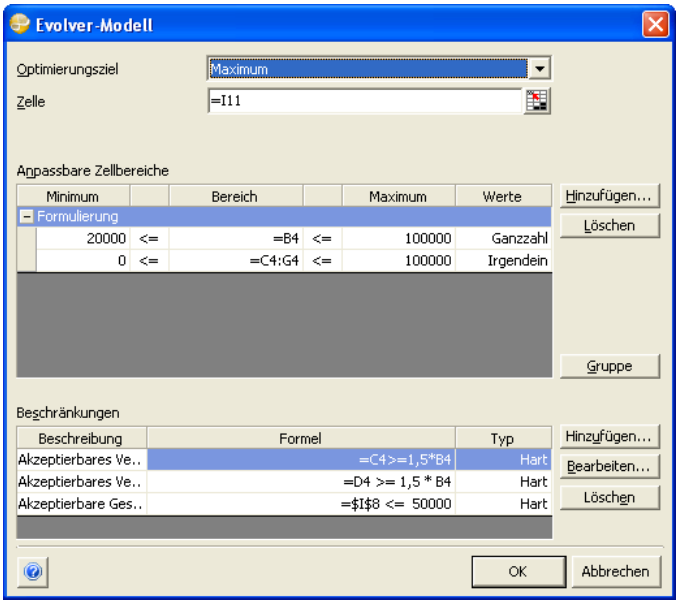
Dieses Beispiel veranschaulicht ein häufig vorkommendes Problem bei Produktionsentscheidungen, da es oft recht schwierig ist, die herzustellende Menge für jedes Produkt richtig festzulegen... selbst dann, wenn es sich nur um wenige Produkte handelt. Der Besitzer einer Bäckerei muss festlegen, wie viele Brote von den verschiedenen Brotsorten gebacken werden sollten, um den Gesamtprofit der Bäckerei zu maximieren. Dabei muss auch auf die angegebenen Beschränkungen geachtet werden, wie z. B. insgesamt eingeplante Mannstunden und das richtige Verhältnis zwischen den herzustellenden Brotsorten. (Hinweis: Dieses Modell wird im Detail in *Kapitel 3: Evolver – Schritt für Schritt* beschrieben.)

Beispieldatei:	Bäckerei.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die optimale Anzahl der von jeder Sorte zu backenden Brote festzulegen, um allen Herstellungsquoten zu entsprechen und den Profit zu maximieren.
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Entwickeln von Portfolios, Herstellungsplanung


Bäckerei.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
A3
Evolver-Beispiel: Bäckerei
Die Bäckerei stellt 6 Brotprodukte her. Sie sind der Geschäftsführer der Bäckerei und müssen sich mit den Einnahmen, den Unkosten und den Profiten aus der Brotproduktionbefassen. Es ist Ihre Aufgabe, herauszufinden, wodurch für jedes Brotprodukt die Gesamtprofite maximiert und gleichzeitig auch die Richtlinien für Produktionsbegrenzung eingehalten werden können.
Evolver verwendet hier die Lösungsmethode Formulierung, um festzulegen, wie viele Backbleche an Broten der verschiedenen Brotsorten gebacken werden sollen. Dies geschieht in den Zellen B4:G4, die in Blau markiert sind. Der Gesamtprofit ist in Zelle I11 (in Rot markiert) zu sehen. Dies ist der Wert, den Evolver während der Optimierung maximieren wird.
Dieses Modell enthält mehrere Beschränkungen, die eingehalten werden müssen. 1) Es muss ein Verhältnis von 3:2 zwischen ballastreichem und kalorienarmem Brot eingehalten werden. 2) Es ist ebenfalls ein Verhältnis von 3:2 zwischen Fünfkornbrot und kalorienarmem Brot erforderlich. 3) Arbeitstunden müssen insgesamt unterhalb von 50.000 liegen.
HINWEIS: Eine andere Version dieses Modells ist in der Datei Bäckerei – Lernprogrammprobe.xls zu finden. Sie können diese Version dazu verwenden, das im Evolver-Handbuch gebotene Lernprogramm durchzuarbeiten. Die hier gezeigte Kopie des Modells unterscheidet sich nur dadurch vom Lernprogramm, dass die Evolver-Einstellungen bereits für Sie vorgenommen wurden.
Kalorienarm Ballastreich Fünfkorn Sauerteig Muffins Croissants Gesamtsummen
Backbleche insges. 20.405 50.144 36.968 1.980 2.495 3.001 114.993
Stunden pro Blech 0,25 0,32 0,33 0,30 0,14 0,43
Preis pro Blech 42 € 40 € 45 € 43 € 31 € 51 €
Kosten pro Blech 17 € 23 € 27 € 24 € 13 € 33 €
Stunden insges. 5101 16046 12199 594 349 1290 35581
Gesamteinnahmen 857.010 € 2.005.760 € 1.663.560 € 85.140 € 77.345 € 153.051 € 4.841.866 €
Gesamtkosten 346.885 € 1.153.312 € 998.136 € 47.520 € 32.435 € 99.033 € 2.677.321 €
Gesamtprofit 510.125 € 852.448 € 665.424 € 37.620 € 44.910 € 54.018 € 2.164.545 €
Blatt1
Bereit
100 %

Funktionsweise des Modells

Bei diesem Problem wird die Menge der einzelnen herzustellenden Brotprodukte oben in Zeile 4 des Diagramms aufgelistet. Die Profite (aus den Zellen B11:G11) werden in Zelle I11 addiert. Dies ist dann die Zielzelle, die maximiert werden soll.



Für dieses Modell sind auch drei Beschränkungen vorgesehen, und zwar handelt es sich dabei um harte Beschränkungen. Eine ist die Formatsbeschränkung **Einfacher Wertebereich** und die anderen beiden Beschränkungen werden als Excel-Formeln eingegeben.

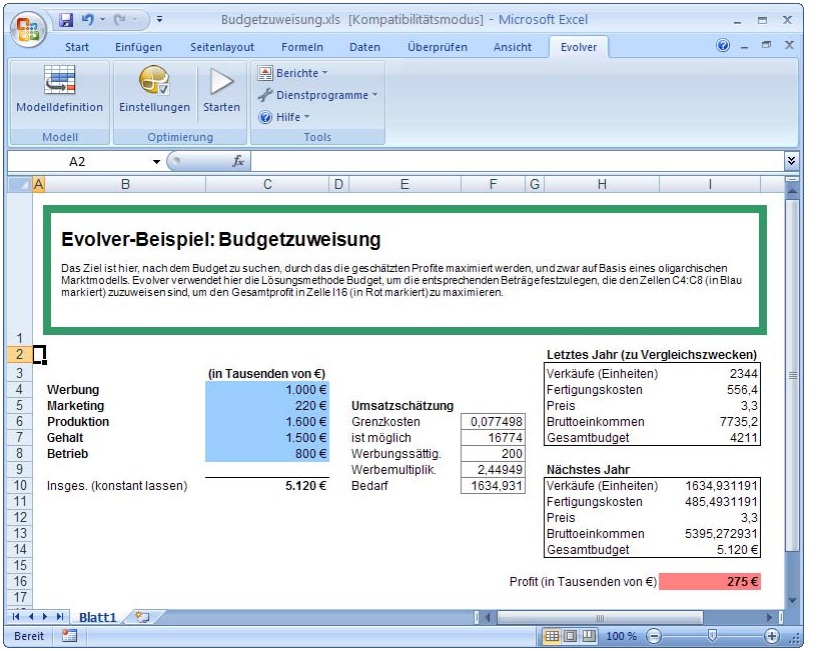
Lösungsmethode

Evolver sucht nach den Werten für die Zellen B4:G4 (d.h. nach den zu backenden Brotmengen), durch die der Wert in Zelle I11 (Gesamtprofit) maximiert wird. Da jeder durch Evolver gefundene Wert nicht von den anderen Werten abhängig ist, können wir die Lösungsmethode **Formulierung** verwenden. Durch Evolver werden dann auch die Beschränkungen für die Zellen C4, D4 und I8 eingehalten.

Budgetzuweisung

Angenommen, ein leitender Angestellter sucht nach der effizientesten Methode, Geldmittel an die verschiedenen Abteilungen im Unternehmen zu verteilen, um so den Profit zu maximieren. Nachstehend ist ein Modell für ein Unternehmen und dessen geschätzten Profit für das kommende Jahr beschrieben. In diesem Modell wird die Profitschätzung für das kommende Jahr durch Überprüfung des jährlichen Budgets vorgenommen und auch dadurch, dass von gewissen Annahmen ausgegangen wird, z. B. darüber, wie sich die Werbung auf die Verkäufe auswirken wird. Dies ist ein recht einfaches Modell, aber es zeigt, wie Modelle eingerichtet werden können und wie Evolver verwendet werden kann, um Eingaben vorzunehmen und nach der besten Ausgabe zu suchen.

Beispieldatei:	Budgetzuweisung.xls
Ziel:	Das Ziel ist, das jährliche Budget unter fünf Abteilungen so aufzuteilen, dass die Profite im nächsten Jahr maximiert werden können.
Lösungsmethode:	Budget
Ähnliche Probleme:	Irgendeine knappe Ressource (z. B. Arbeitskraft, Geldmittel, Gas, Zeit usw.) unter Einheiten verteilen, sodass diese sie auf verschiedene Weise oder mit unterschiedlichem Wirkungsgrad verwenden können.



Funktionsweise des Modells

Durch die Datei „Budgetzuweisung.xls“ werden die Auswirkungen des Budgets eines Unternehmens auf dessen zukünftigen Umsatz und Profit modelliert. Die Variablen-Zellen C4:C8 enthalten die Beträge, die für jede der fünf Abteilungen auszugeben sind. Diese Werte entsprechen zusammengenommen dem Betrag in Zelle C10, d. h. dem Gesamtbudget des Unternehmens. Das Budget wird durch das Unternehmen festgelegt und kann dann nicht mehr geändert werden.

Aus den Zellen F6:F10 geht die Schätzung der nächstjährigen Nachfrage nach den Produkten des Unternehmens hervor, und zwar auf Basis der Budgets für Werbung und Marketing. Als tatsächliche Verkäufe wird das Minimum der berechneten Nachfrage und der Zulieferungen eingesetzt. Die Zulieferungen hängen von den Geldmitteln ab, die der Fertigungs- und der Betriebsabteilung zugewiesen wurden.

Lösungsmethode

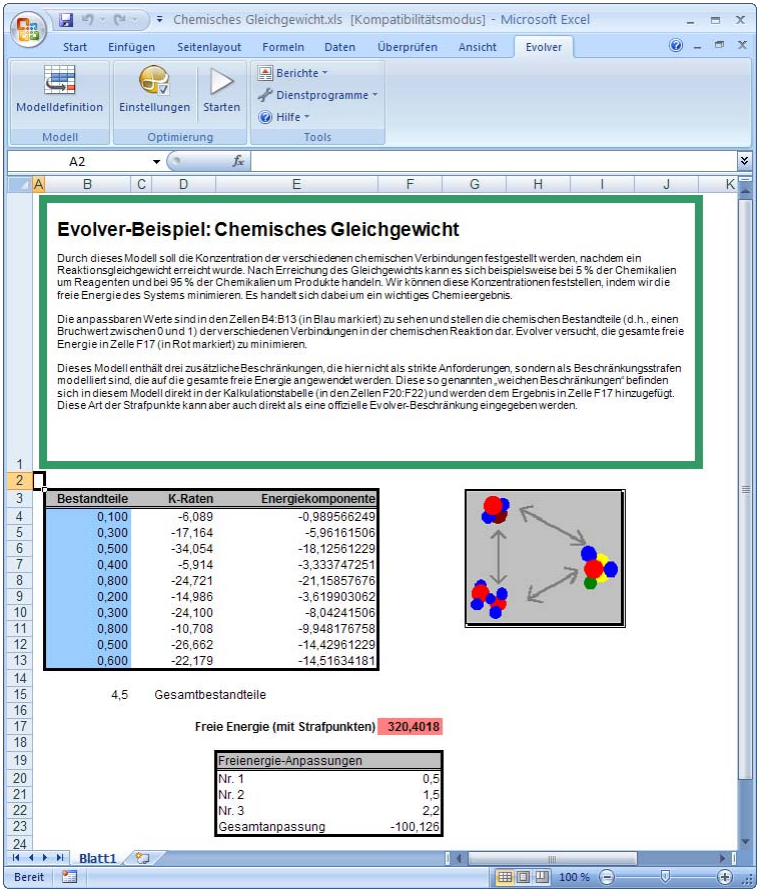
Den Profit in Zelle I16 maximieren, indem die Lösungsmethode **Budget** dazu verwendet wird, die Werte in den Zellen C4:C8 entsprechend anzupassen. Die unabhängigen Bereiche für die einzelnen anpassbaren Zellen einstellen, und zwar für das Budget jeder Abteilung, damit Evolver nicht versucht, negative Zahlen zu verwenden oder Zahlen, die keine passenden Lösungen für das Budget der Abteilung ergeben würden (z. B. nur Werbung und keine Produktion).

Die Lösungsmethode **Budget** funktioniert so ähnlich wie die Lösungsmethode **Formulierung**, indem versucht wird, die richtige Kombination aus den gewählten Variablen zu finden. Bei Verwendung der Budget-Methode wird jedoch die Beschränkung hinzugefügt, dass alle Variablen dieselbe Summe wie vor Start der Optimierung durch Evolver ergeben müssen.

Chemisches Gleichgewicht

Jeder Vorgang, der so modelliert werden kann, dass er ein Ergebnis ergibt, kann durch Evolver optimiert werden, sofern zu Anfang die Bedingungen dafür vorhanden sind. Dieses Beispiel zeigt, wie Evolver das Niveau von verschiedenen Chemikalien (Produkten und Reaktionspartnern) finden kann, durch das die freie Energie nach Reaktionsgleichgewicht minimiert werden kann. Bei komplizierten chemischen Prozessen gestalten sich die Bestandteile (Chemikalien) und Produkte fortlaufend ineinander um, bis die Konzentration der chemischen Verbindungen konstant , d.h. ein „Gleichgewicht" erreicht ist. Nach Erreichung des Gleichgewichts kann es sich jederzeit zum Ausgleich um einen gleichbleibenden Prozentsatz von Chemikalien (z. B. 5 %) und Produkten (z. B. 95 %) handeln.

Beispieldatei:	Chemisches Gleichgewicht.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die freie Energie eines Reaktionsumfelds zu berechnen und das entsprechende Niveau für die verschiedenen Chemikalien zu suchen, die evtl. von weichen Beschränkungen abhängig sind (einige Chemikalien sind proportional zu anderen vorhanden).
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Festlegung der Bedingungen für das stabilste Marktgleichgewicht.


Chemisches Gleichgewicht.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
A2
Evolver-Beispiel: Chemisches Gleichgewicht
Durch dieses Modell soll die Konzentration der verschiedenen chemischen Verbindungen festgestellt werden, nachdem ein Reaktionsgleichgewicht erreicht wurde. Nach Erreichung des Gleichgewichts kann es sich beispielsweise bei 5 % der Chemikalien um Reagenten und bei 95 % der Chemikalien um Produkte handeln. Wir können diese Konzentrationen feststellen, indem wir die freie Energie des Systems minimieren. Es handelt sich dabei um ein wichtiges Chemieergebnis.
Die anpassbaren Werte sind in den Zellen B4:B13 (in Blau markiert) zu sehen und stellen die chemischen Bestandteile (d.h., einen Bruchwert zwischen 0 und 1) der verschiedenen Verbindungen in der chemischen Reaktion dar. Evolver versucht, die gesamte freie Energie in Zelle F17 (in Rot markiert) zu minimieren.
Dieses Modell enthält drei zusätzliche Beschränkungen, die hier nicht als strikte Anforderungen, sondern als Beschränkungsstrafen modelliert sind, die auf die gesamte freie Energie angewendet werden. Diese so genannten „weichen Beschränkungen" befinden sich in diesem Modell direkt in der Kalkulationstabelle (in den Zellen F20:F22) und werden dem Ergebnis in Zelle F17 hinzugefügt. Diese Art der Strafpunkte kann aber auch direkt als eine offizielle Evolver-Beschränkung eingegeben werden.
Bestandteile K-Raten Energiekomponente
0,100 -6,089 -0,989566249
0,300 -17,164 -5,96161506
0,500 -34,054 -18,12561229
0,400 -5,914 -3,333747251
0,800 -24,721 -21,15857676
0,200 -14,986 -3,619903062
0,300 -24,100 -8,04241506
0,800 -10,708 -9,948176758
0,500 -26,662 -14,42961229
0,600 -22,179 -14,51634181
4,5 Gesamtbestandteile
Freie Energie (mit Strafpunkten) 320,4018
Freienergie-Anpassungen
Nr. 1 0,5
Nr. 2 1,5
Nr. 3 2,2
Gesamtanpassung -100,126
Blatt1
Bereit
100 %

Funktionsweise des Modells

Bei den Variablen für das Problem in den Zellen B4:B13 handelt es sich um die zu mischenden chemischen Bestandteile. In Zelle B15 wird die Gesamtmenge berechnet, die sich gemäß Strafklauseln in einem bestimmten Bereich gehalten werden muss.

Bei den Beschränkungen in den Zellen F20:F22 handelt es sich um weiche Beschränkungen, d.h. Evolver wird nicht unbedingt gezwungen, ausschließlich gültige Lösungen zu akzeptieren. Mit anderen Worten, Evolver kann auch andere Lösungen akzeptieren, berechnet aber Strafpunkte, wenn bestimmte Chemikalien nicht im gewünschten Verhältnis zu anderen Chemikalien stehen. Für diese weichen Beschränkungen werden Strafklauseln verwendet, die direkt im Arbeitsblattmodell integriert sind. Die Strafpunkte werden der freien Gesamtenergie in Zelle F17 hinzugefügt. Wenn Evolver dann den Wert in der Zielzelle minimiert, sucht das Programm nach Lösungen, die keine Strafpunkte verursachen.

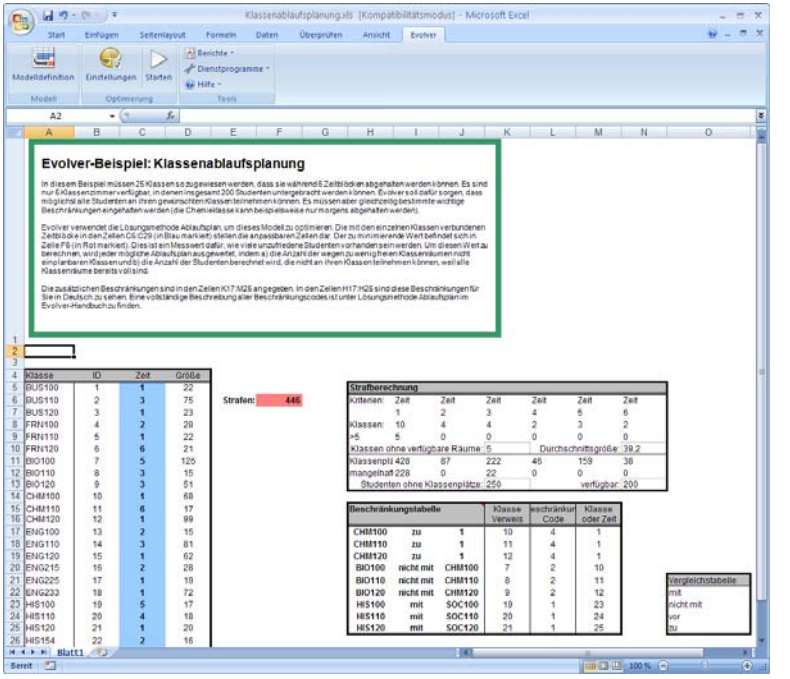
Lösungsmethode

In den Zellen B4:B13 die Lösungsmethode **Formulierung** verwenden**.** Die Zelle F17 minimieren.

Klassenablaufsplanung

Angenommen, in einer Universität müssen 25 verschiedene Klassen in 6 vordefinierte Zeitblöcke aufgeteilt werden. Die Zeitdauer einer Klasse entspricht genau einem Zeitblock. Normalerweise könnte dieses Problem mit der Lösungsmethode **Gruppierung** gelöst werden. Es gibt hier jedoch eine Reihe von Beschränkungen, die beim Planen der Klassen eingehalten werden müssen. Biologie und Chemie sollten beispielsweise nicht zur gleichen Zeit unterrichtet werden, damit vormedizinische Studenten im gleichen Semester an beiden Kassen teilnehmen können. Um dieser Beschränkung zu entsprechen, muss daher die Lösungsmethode **Ablaufsplan** verwendet werden. Diese Lösungsmethode ist ähnlich der Gruppierungsmethode, aber mit der Beschränkung, dass bestimmte Aufgaben vor, während oder nach andern Aufgaben ausgeführt bzw. nicht ausgeführt werden müssen.

Beispieldatei:	Klassenablaufsplanung.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die 25 Klassen so den 6 Zeitperioden zuzuordnen, dass möglichst alle Studenten zeitmäßig an allen von ihnen gewünschten Klassen teilnehmen können. Auch müssen verschiedene Beschränkungen (in Bezug auf welche Klassen wann abgehalten werden können) eingehalten werden.
Lösungsmethode:	Ablaufsplanung
Ähnliche Probleme:	Alle Ablaufsplansituationen, in denen alle Aufgaben von gleicher Länge sind und diskontinuierlichen Zeitblöcken beliebig zugeordnet werden können. Auch kann dieses Modell auf Gruppierungen angewendet werden, bei denen Beschränkungen darüber vorhanden sind, welchen Gruppen bestimmte Elemente zugeordnet werden können.



Funktionsweise des Modells

Die Datei „Klassenablaufsplanung.xls“ enthält ein Modell eines typischen Ablaufsplanungsproblems, bei dem viele Beschränkungen eingehalten werden müssen. Durch die Zellen C5:C29 werden den 6 Zeitblöcken die 25 Klassen zugeordnet. Es sind nur 5 Klassenräume verfügbar. Das bedeutet, wenn ein und demselben Zeitblock mehr als fünf Klassen zugeordnet werden, kann zumindest eine davon nicht abgehalten werden.

Die Zellen K17:M25 enthalten die Beschränkungen; links der Beschränkungen werden diese in Englisch beschrieben. Es kann entweder der Nummerncode oder die englische Beschreibung als Beschränkung eingegeben werden. Die Liste der Beschränkungscodes bei Ablaufsplanproblemen ist detaillierter unter **Lösungsmethoden** in Kapitel 5: Vollständige Informationen zu finden.

Jeder mögliche Ablaufsplan wird ausgewertet, indem a) die Anzahl der nicht einplanbaren Klassen und b) die Anzahl der Studenten berechnet wird, die nicht an ihren Klassen teilnehmen können, weil alle Klassenräume bereits voll sind. Diese letzte Beschränkung sorgt dafür, dass Evolver nicht alle großen Klassen zur gleichen Zeit einplant. Wenn nur eine oder zwei große Klassen während eines bestimmten Zeitblocks abgehalten werden, stehen die größeren Klassenräume dafür zur Verfügung.

In den Zellen I8:N8 wird die Excel-Funktion DCOUNT verwendet, um aufzurechnen, wie viele Klassen jedem Zeitblock zugeordnet sind. Rechts unterhalb der Zellen I9:N9 wird dann berechnet, wie vielen Klassen kein Klassenraum für den betreffenden Zeitblock zugeordnet wurde. Alle Klassen ohne Klassenraum werden in Zelle K10 zusammengezählt.

Wenn die Anzahl der für eine bestimmte Klasse erforderlichen Klassenplätze die Anzahl der verfügbaren Klassenplätze überschreitet, wird in den Zellen I12:N12 das Ausmaß davon berechnet. Anschließend wird in Zelle K13 die Gesamtanzahl der Studenten ohne Klassenplatz berechnet. In Zelle F6 wird diese Gesamtanzahl der Studenten ohne Klassenplatz dann der durchschnittlichen Klassengröße hinzugefügt und mit der Anzahl der Klassen ohne Klassenraum multipliziert. Auf diese Weise ist also eine Zelle vorhanden, in der alle Beschränkungsstrafpunkte so kombiniert werden, dass ein niedrigerer Wert in dieser Zelle immer auf einen besseren Ablaufsplan hinweist.

Lösungsmethode

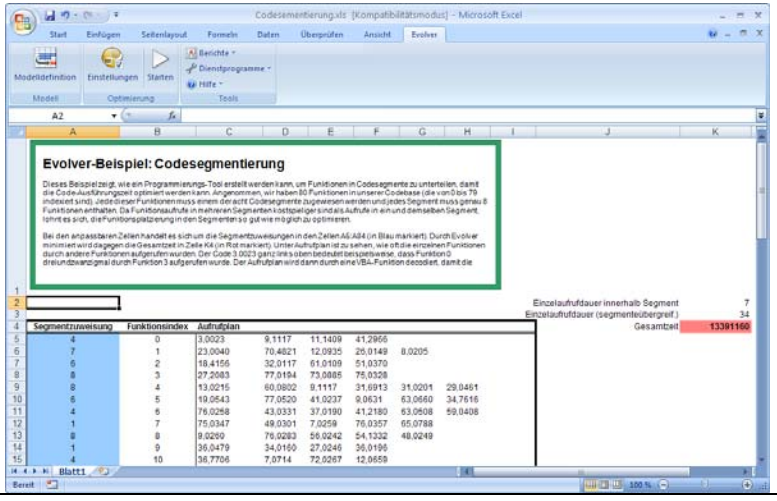
Strafpunkte in F6 minimieren, indem die Werte in den Zellen C5:C29 geändert werden. Die Lösungsmethode **Ablaufsplan** verwenden. Bei Auswahl dieser Lösungsmethode ist im Dialogfeld unten unter **Optionen** eine Reihe von damit zusammenhängenden Optionen zu sehen. Die Anzahl der Zeitblöcke auf 6 und die Beschränkungszellen auf K17:M25 einstellen.

Codesegmentierung

Ein Entwickler von Windows-Anwendungsprogrammen möchte ein Programm in mehrere Codesegmente unterteilen, damit Windows den Speicher rationeller verwenden kann, indem nur die derzeit verwendeten Codesegmente im Speicher behalten werden.

Dies ist ein Beispiel dafür, wie sich ähnliche Elemente in Gruppen erfasst werden können. Die Elemente können mit anderen in derselben Gruppe befindlichen Elementen auf effiziente Weise interagieren, aber nicht so leicht mit Elementen in anderen Gruppen. Wenn ein natürliches Hindernis vorhanden ist, wodurch nicht jedes Element direkt mit jedem anderen interagieren kann (wenn z. B. alle Computer-Benutzer direkt mit ein und demselben Drucker verbunden sein möchten), ist es erforderlich, die Elemente in Gruppen zu unterteilen. Eine rationelle Gruppierung kann sich sehr positiv auf die gesamte Produktivität des Systems auswirken.

Beispieldatei:	Codesementierung.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die Programmroutinen in acht verschiedene Codesegmente zu unterteilen, damit das Programm so schnell wie möglich ausgeführt werden kann.
Lösungsmethode:	Gruppierung
Ähnliche Probleme:	Erfassung von Arbeitsstationen in LAN-Zuordnungseinheiten oder von Schaltkreisen in Mikrochipbereichen, sodass die Kosten für die Kommunikation zwischen den Gruppen so gering wie möglich gehalten werden.



Funktionsweise des Modells

Entwickler von Windows-Anwendungsprogrammen unterteilen Programme oft auf diese Weise, um die Leistungsfähigkeit des Programms zu erhöhen. Wenn eine Routine aus einem anderen Segment ausgeführt werden muss, verwirft Windows das aufrufende Segment und ruft das erforderliche Segment aus der Festplatte ab. Wenn ein 2 MB-Programm in 80 Segmente von je 20 KB unterteilt ist, kann das Programm jederzeit ausgeführt werden, solange mindestens 20 KB an Speicher verfügbar ist. Um dem System jedoch eine ausreichende Leistungsfähigkeit zu geben, müssen die Codesegmente sorgfältig eingerichtet werden. Das Aufrufen einer Funktion in einem anderen Segment erfordert mehr Zeit als das Aufrufen einer Funktion im eigenen Segment. Das Codesegmentierungsproblem besteht darin, die „Umsteiger-Aufrufe“ (Aufrufe über mehrere Segmente hinweg) so gering wie möglich zu halten.

Da es passieren kann, dass einige Teile einer Anwendung auf Kosten der Gesamtanwendung optimiert werden, werden wir durch Evolver eine globale Optimierung durchführen lassen.

In der Beispieldatei „Codesegmentierung.xls“ wird davon ausgegangen, dass eine Anwendung mit einer bestimmten Segmentierung kompiliert wurde. Die Anwendung wurde ganz normal ausgeführt und durch ein Leistungsüberwachungsprogramm wurde festgehalten, wie oft jede Funktion durch jede andere Funktion aufgerufen wurde. Diese Ergebnisse zeigen, in welcher Weise Funktionen in dieser Anwendung normalerweise aufgerufen werden. Auf Basis der Ergebnisse kann dann vorausgesagt werden, wie schnell die Anwendung wahrscheinlich unter verschiedenen Segmentierungsstrategien ausgeführt werden kann.

In diesem Arbeitsblatt wird die benutzerdefinierte Funktion **SegCost** verwendet. Durch diese Funktion wird die Zeit berechnet, die es dauern würde, das Programm genauso wie gemäß der typischen Verwendungsstatistik auszuführen, Zu diesem Zweck wird die Anzahl der Aufrufe innerhalb desselben Segments und zwischen verschiedenen Segmenten gezählt und dann jeweils mit den Kosten des betreffenden Aufrufs multipliziert. Dabei wird angenommen, dass ein Aufruf innerhalb desselben Segments sieben und ein Aufruf aus einem anderen Segment 34 Taktzyklen erfordert (was bei einem 386-Computer der Fall ist).

Die Funktion **SegCost** wird (wie nachstehend gezeigt) in Form eines Excel VBA-Makros geschrieben:

```
Function segCost(segs, calls, inP, outP) As Double

Dim inCost#, outCost#, total#, temp#, tempPtr#
Dim i%, j%, wide%, funcNumber%, ThisSeg%, OtherSeg%
Dim NumCalls%, NumInCall%, NumOutCall%, SegOrder$,
CallOrder$

SegOrder = Application.Names("segs").RefersTo
CallOrder = Application.Names("calls").RefersTo
NumInCall = 0
NumOutCall = 0
inCost = Range("k2")
outCost = Range("k3")
total = 0
wide = Range(CallOrder).Columns.Count
For i = 1 To Range(SegOrder).Rows.Count
  ThisSeg = Range(SegOrder).Rows(i)
  For j = 1 To wide
    temp = Range(CallOrder).Rows(i).Columns(j)
    If temp <> 0 Then
      funcNumber = Int(temp)
      OtherSeg = Range(SegOrder).Rows(funcNumber + 1)
      NumCalls = 10000 * (temp - funcNumber)
      If ThisSeg = OtherSeg Then
        temp = NumCalls * inCost
        NumInCall = NumInCall + 1
      Else
        temp = NumCalls * outCost
        NumOutCall = NumOutCall + 1
      End If
      total = total + temp
    End If
  Next
Next
segCost = total
End Function
```

Die Beispielanwendung besteht aus 80 Funktionen. Die Anzahl der Aufrufe unter den einzelnen Funktionen wird in den Zellen C5:I104 (dem Aufrufsbereich) gespeichert. Wir könnten zwar eine 80 x 80-Matrix erstellen, um dieses Aufrufmuster darzustellen, aber solche Methode könnte nur für bis zu ca. 250 Funktionen verwendet werden, da Excel auf 256 Spalten begrenzt ist (und da für diesen Ansatz auch ein exponentiell großer Speicher erforderlich wäre).

Wir verwenden daher lieber ein komprimiertes Notationsformat, um dieses Aufrufmuster darzustellen. Erst einmal gehen wir davon aus, dass jede Funktion nicht mehr als eine bestimmte Anzahl von anderen Funktionen aufruft. In der Beispieldatei ist 7 die Maximalanzahl an Funktionen, die jeweils aufgerufen werden können. Daher ist der Aufrufsbereich sieben Spalten breit, aber diese Begrenzung kann natürlich auch anders eingestellt werden. Auch nehmen wir an, dass keine Funktion mehr als 9999-mal durch irgendeine andere Funktion aufgerufen wird.

Sehen wir uns einmal die Funktion 1 an (angefangen in Zelle C5). Funktion 1 ruft vier Funktionen auf: 3, 9, 81 und 41. Die erste Aufrufszeile (C5:I5) enthält für jede aufgerufene Funktion eine Realzahl (z. B. 3,0023). Der Ganzzahlteil (z. B. 3) stellt die aufgerufene Funktion dar und die mit 10.000 multiplizierten Dezimalstellen (z. B. 0,0023 x 10000 = 23) zeigen an, wie oft Funktion 3 während der Normalverwendung der Anwendung durch Funktion 1 aufgerufen wurde. Mit anderen Worten, 9,1117 bedeutet, dass diese Funktion die Funktion Nr. 9 **1117 mal** angerufen hat. Durch dieses kurze Format können wir Speicher sparen und die in Excel verfügbare begrenzte Anzahl an Spalten am vorteilhaftesten nutzen.

Der Zellbereich A5:A104 enthält die Nummer des Segments, dem die einzelnen Funktionen jeweils zugewiesen sind. Durch Zelle K4 wird die Funktion **SegCost** aufgerufen, um die Gesamtleistung der aktuellen Segmentierungsstrategie zu berechnen.

Lösungsmethode

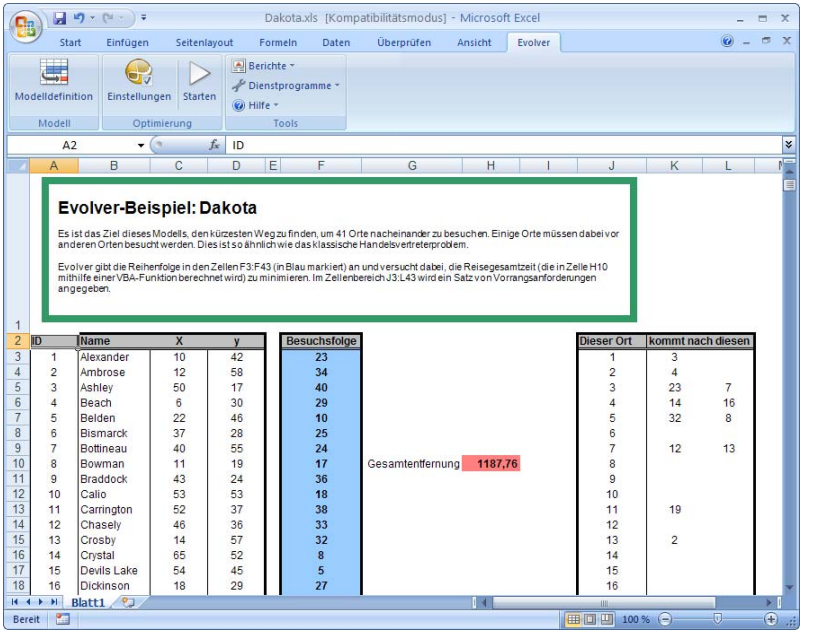
Den Wert in Zelle K4 minimieren, indem die Zellen im Bereich A5:A104 entsprechend angepasst werden. Die Methode **Gruppierung** verwenden. Durch die Lösungsmethode **Gruppierung** wird Evolver angewiesen, die Variablen in x Gruppen anzuordnen, wobei x die Anzahl der verschiedenen bei Start einer Optimierung in den anpassbaren Zellen vorhandenen Werte darstellt.

Dakota: Routing mit Beschränkungen

Eine Immobilienfirma muss ihre einzelnen Grundbesitze in North Dakota bewerten, und zwar in einer gewissen Reihenfolge, sodass bestimmte Grundstücke vor anderen besucht werden. Ähnlich wie beim klassischen Handelsvertreterproblem ist auch hier das Ziel, den kürzesten Weg zwischen verschiedenen Orten zu finden, wobei aber jeder Ort nur einmal besucht werden darf. Hier wird jedoch die Beschränkung hinzugefügt, dass bestimmte Orte vor bestimmten anderen Orten besucht werden müssen (z. B. muss Ort Nr. 2 nach Ort Nr. 4 kommen). Das bedeutet, das wir anstelle der Lösungsmethode **Reihenfolge** die Lösungsmethode **Projekt** verwenden müssen.

Bei einem Projekt handelt es sich um eine Reihenfolge für eine Reihe von Aufgaben, wobei bestimmte Aufgaben vor anderen ausgeführt werden müssen. Die Lösungsmethode **Projekt** kann zusammen mit den von Ihnen selbst definierten Funktionen verwendet werden, um die beste Zeiteinteilung für das Projekt zu finden, und zwar auf Basis von Kombination verschiedener Kriterien, wie z. B. verfügbarer Zeit, Ausnutzung von Ressourcen usw.).

Beispieldatei:	Dakota.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die kürzeste Strecke zu planen, um 41 Orte in North Dakota zu besuchen und dabei sicherzustellen, dass bestimmte Orte vor anderen Orten besucht werden.
Lösungsmethode:	Projekt
Ähnliche Probleme:	Neuplanung eines Projektes, um die Ressourcen ausgeglichener zu nutzen. Planung des Arbeitsflusses in einem Maschinenwerkstatt, um die verwendete Gesamtarbeitszeit zu verkürzen und dafür zu sorgen, dass bestimmte Jobs vor anderen ausgeführt werden.



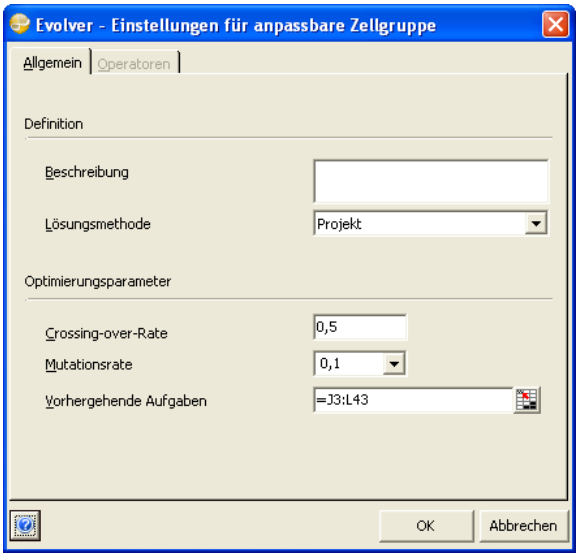
Funktionsweise des Modells

Die Zellen F3:F43 enthalten die Reihenfolge, in der die Orte besucht werden sollen. In Zelle H10 wird die Länge der Gesamtstrecke berechnet, und zwar auf Basis der Reihenfolge und der x-y-Position der verschiedenen Orte (siehe Zellen C3:D43). In Zelle H10 wird die benutzerdefinierte Funktion **BigRouteLength** dazu verwendet, um die Berechnung der Gesamtstreckenlänge zu beschleunigen.

Die Zellen J3:L43 enthalten die Vorrangsaufgaben. Dies ist eine Tabelle, aus der hervorgeht, welche Orte nach anderen Orten besucht werden müssen. Acht Orte (1,2,3,4,5,7,11 und 13) sind mit bestimmten Orten verknüpft, die vor ihnen besucht werden müssen.

Lösungsmethode

In Zelle H10 die Streckenlänge minimieren, indem der Wert in den Zellen F3:F43 geändert wird. Die Lösungsmethode **Projekt** verwenden, um die Vorrangsaufgaben in den Zellen J3:L43 einzustellen. Diese Vorrangsaufgaben werden im Dialogfeld **Einstellungen für anpassbare Zellgruppe** festgelegt, und zwar im Feld **Vorhergehende Aufgaben**:

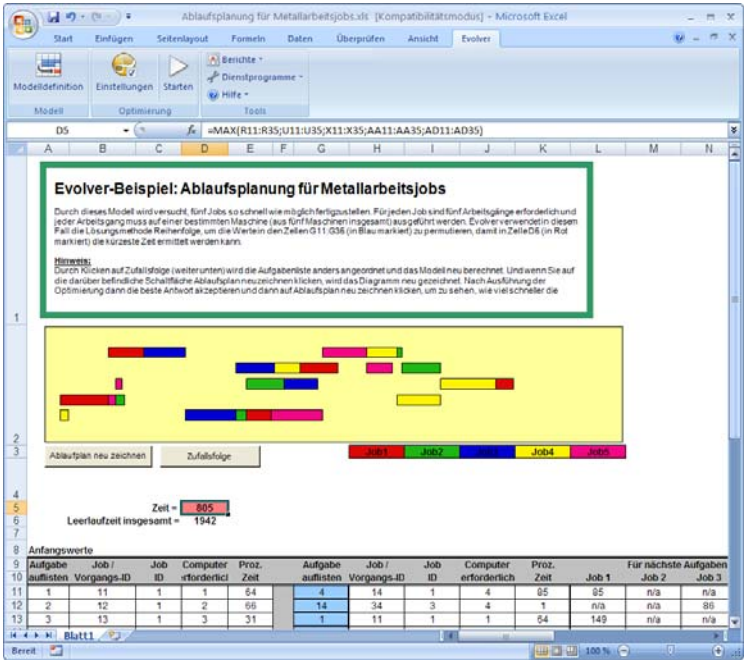


Ablaufsplanung für Metallarbeitsjobs

Angenommen, eine Metallwerkstatt möchte einen Ablaufsplan für eine Reihe von Jobs festlegen, die in bestimmte Arbeitsschritte unterteilt und auf verschiedenen Maschinen ausgeführt werden müssen. Jeder Job besteht aus fünf Aufgaben und diese Aufgaben müssen in genauer Reihenfolge ausgeführt werden. Jede Aufgabe muss auf einer bestimmten Maschine ausgeführt werden und erfordert eine bestimmte Arbeitszeit. Es sind fünf Jobs und fünf Maschinen vorhanden.

Durch Klicken auf **Ablaufsplan neu zeichnen** (oben auf dem Arbeitsblatt) wird das Balkendiagramm neu gezeichnet, um zu zeigen, wann jede der Jobaufgaben ausgeführt werden soll.

Beispieldatei:	Ablaufsplanung für Metallarbeitsjobs.xls
Ziel:	Das Ziel ist, den Maschinen die verschiedenen Jobaufgaben zuweisen, sodass die für alle Jobs benötigte Gesamtzeit minimiert wird.
Lösungsmethode:	Reihenfolge
Ähnliche Probleme:	Ablaufsplanungs- oder Projektmanagement-Probleme



Funktionsweise des Modells

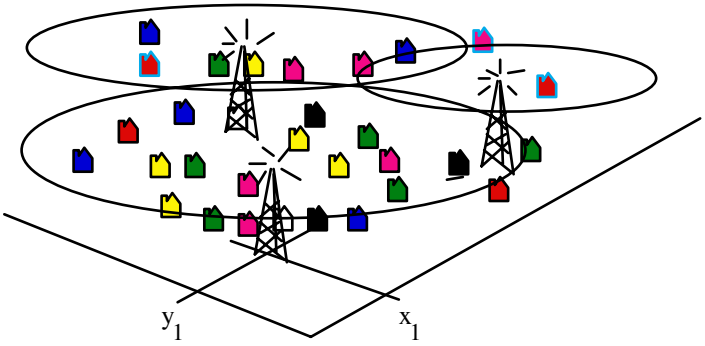
In Zelle D5 wird die Produktionsdauer berechnet, d. h. wie lange es von Start der ersten bis Ende der letzten geplanten Jobaufgabe dauert. Die Gesamtzeit ist der Wert, der minimiert werden soll. Die Zellen G11:G35 enthalten die Variablen (d. h. die Aufgaben), die neu sortiert werden sollen, um die beste Zuweisungsfolge zu finden. Durch die Gleichungen im Arbeitsblatt wird festgestellt, wann die einzelnen Aufgaben auf der dafür benötigten Maschine ausgeführt werden können.

Lösungsmethode

Einen Satz anpassbarer Zellen (G11:G35) und dann die Lösungsmethode **Reihenfolge** wählen. Zelle D5 minimieren.

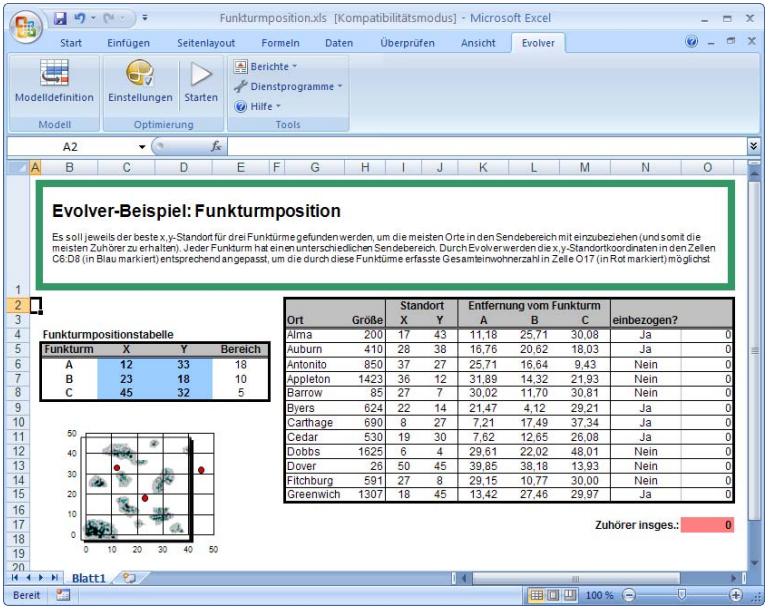
Funkturmposition

Ein Funknetz möchte drei Funktürme in einem Gebiet aufstellen, in dem sich zwölf größere Gemeinden befinden. Jede Gemeinde hat eine unterschiedliche Einwohnerzahl und jeder Funkturm hat eine andere Sendestärke. Die Funktürme müssen also so positioniert werden, dass die höchstmögliche Anzahl von potenziellen Zuhörern in ihren Wellenbereich fällt.



Ein komplizierteres Beispiel eines solchen Positionierungsproblems wäre beispielsweise, mehrere Fertigungsanlagen so aufzustellen, dass sie sich a) in der Nähe von Lieferanten und Kunden, b) auf erschwinglichem Freiland und c) in der Nähe einer ausreichenden Anzahl von technisch geschulten Arbeitskräften befinden. Beliebig viele weitere Beeinflussungen bezüglich des besten Aufstellungsortes, wie z. B. Steuervergünstigungen, können einem solchen Modell ebenfalls hinzugefügt werden. Evolver ist dann in der Lage, die besten Aufstellungsorte in einem x-y- oder sogar in einem x-y-z-Koordinatennetz zu finden.

Beispieldatei:	Funkturmposition.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die besten x-y-Koordinaten für drei Funktürme zu finden, sodass die höchstmögliche Anzahl an potenziellen Zuhörern in ihren Wellenbereich fällt.
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Lagerhäuser so aufstellen, dass die Versandkosten zu den Läden und Geschäften minimiert werden. Feuerwachen so positionieren, dass die Bevölkerung durch möglichst wenige Wachen ausreichend geschützt werden kann. Dabei müssen Faktoren, wie z. B. Wohndichte, berücksichtigt werden.


Funkturmposition.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
Evolver-Beispiel: Funkturmposition
Es soll jeweils der beste x,y-Standort für drei Funktürme gefunden werden, um die meisten Orte in den Sendebereich mit einzubeziehen (und somit die meisten Zuhörer zu erhalten). Jeder Funkturm hat einen unterschiedlichen Sendebereich. Durch Evolver werden die x,y-Standortkoordinaten in den Zellen C6:D8 (in Blau markiert) entsprechend angepasst, um die durch diese Funktürme erfasste Gesamteinwohnerzahl in Zelle O17 (in Rot markiert) möglichst
Funkturmpositionstabelle
Funkturm X Y Bereich
A 12 33 18
B 23 18 10
C 45 32 5
Ort Größe Standort X Y Entfernung vom Funkturm A B C einbezogen?
Alma 200 17 43 11,18 25,71 30,08 Ja 0
Auburn 410 28 38 16,76 20,62 18,03 Ja 0
Antonito 850 37 27 25,71 16,64 9,43 Nein 0
Appleton 1423 36 12 31,89 14,32 21,93 Nein 0
Barrow 85 27 7 30,02 11,70 30,81 Nein 0
Byers 624 22 14 21,47 4,12 29,21 Ja 0
Carthage 690 8 27 7,21 17,49 37,34 Ja 0
Cedar 530 19 30 7,62 12,65 26,08 Ja 0
Dobbs 1625 6 4 29,61 22,02 48,01 Nein 0
Dover 26 50 45 39,85 38,18 13,93 Nein 0
Fitchburg 591 27 8 29,15 10,77 30,00 Nein 0
Greenwich 1307 18 45 13,42 27,46 29,97 Ja 0
Zuhörer insges.: 0
Blatt1
Bereit
100 %

Funktionsweise des Modells

Mithilfe der Datei „Funkturmposition.xls“ kann eine zweidimensionale Landschaft modelliert werden, in der durch Platzierung von drei Funktürmen festgelegt werden kann, wie viele Zuhörer in den Wellenbereich fallen. In den Zellen C6:D8 befinden sich die x-y-Koordinaten für die drei Funktürme. Die Veranschaulichung in dem Modell besteht aus zwei Elementen: dem Bitmap-Bild der Bevölkerungsdichte (in Grün), das über das Windows-Programm **Paint** eingefügt wurde, und einem Excel-Punktdiagramm, durch das die Positionen der Funktürme automatisch neu berechnet und angezeigt werden.

Zehn Gemeinden werden in Form von Einzelpunkten angezeigt. Das Excel-Modell berechnet in den Zellen K4:M15 die Entfernung zwischen den Gemeinden und den Funktürmen, um festzustellen, ob jede Gemeinde im Wellenbereich der Funktürme liegt (ja) oder nicht (nein). Die Gesamteinwohnerzahl der betreffenden Gemeinden (d.h. die zu maximierende Zahl) wird in Zelle O17 berechnet.

Lösungsmethode

Die in Zelle O17 berechnete Einwohnerzahl maximieren, und zwar durch entsprechende Anpassung der Funkturmpositionen in den Zellen C6:D8. Die Lösungsmethode **Formulierung** verwenden und die Bereiche für die Variablen von 0 bis 50 (d.h. auf die Begrenzungen unseres Positionsbereichs) einstellen.

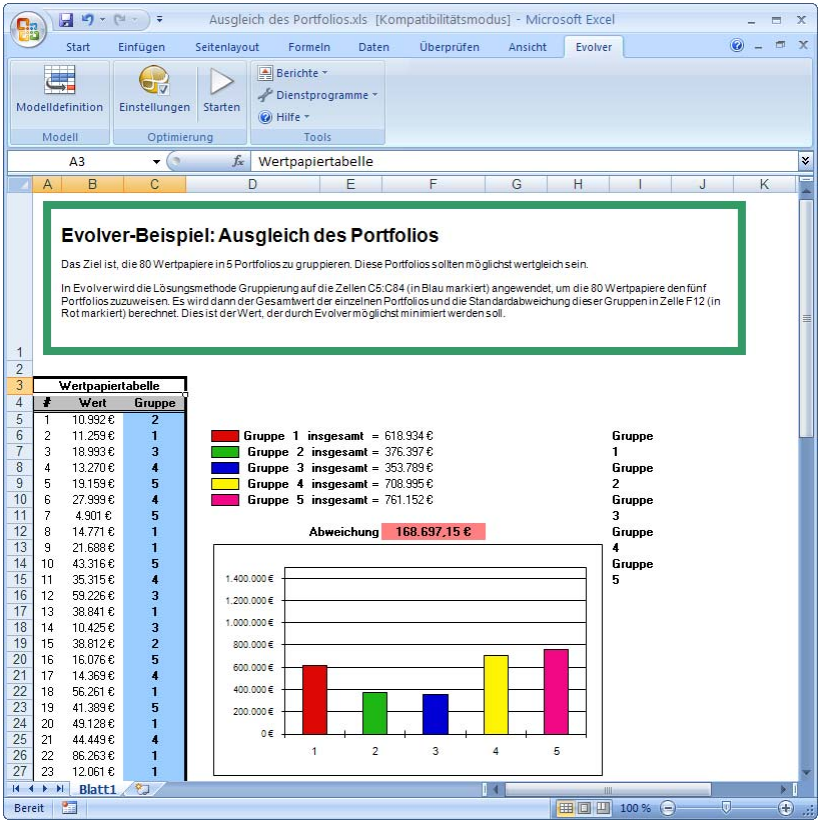
Durch die Lösungsmethode **Formulierung** wird Evolver angewiesen, die ausgewählten Variablen auf die günstigste Weise anzupassen. Genau wie bei der Formulierung für das Backen von Broten, versuchen wir hier, die richtige Mischung von „Bestandteilen“ (d.h. x-y-Koordinaten) zu finden, um die optimale Lösung zu erhalten.

Ausgleich des Portfolios

Angenommen, ein Broker arbeitet mit einer Liste von 80 Wertpapieren, die jeweils einen unterschiedlichen Geldwert haben. Der Broker möchte diese Wertpapiere in fünf Pakete (Portfolios) aufteilen, die möglichst jeweils ungefähr den gleichen Gesamtwert haben sollen.

Dies ist ein Beispiel für die Lösung allgemeiner, so genannter Bin-Packing-Probleme. Das Laden der einzelnen Luken eine Frachtschiffes, sodass alle Luken gleich schwer beladen sind, ist ein ähnliches Beispiel. Wenn Millionen von kleinen Teilen in nur wenige Gruppen aufgeteilt werden müssen (wie z. B. bei Getreide in Schiffsluken), kann eine ziemlich gleichmäßige Verteilung ohne großen Gewichtsunterschied abgeschätzt werden. Mehrere Duzend verschieden schwere oder verschieden große Pakete können jedoch auf unterschiedliche Weisen verpackt werden und durch rationelles Verpacken kann dann ein besseres Gleichgewicht gefunden werden, als das manuell möglich wäre.

Beispieldatei:	Ausgleich des Portfolios.xls
Ziel:	Das Ziel ist, eine Reihe von Wertpapieren in fünf verschiedene Portfolios aufteilen, deren Gesamtwert möglichst gleich sein soll.
Lösungsmethode:	Gruppierung
Ähnliche Probleme:	Erstellung von Teams mit ungefähr gleichen gemeinsamen Fähigkeiten. Container so in Schiffsluken verstauen, dass das Gewicht gleichmäßig verteilt ist.



Funktionsweise des Modells

Durch die Datei „Ausgleich des Portfolios.xls“ wird eine typische Gruppierungsaufgabe modelliert. Spalte A enthält Identifizierungsnummern für die Wertpapiere und in Spalte B wird der Dollarwert der einzelnen Wertpapiere gezeigt. In Spalte C wird jedes Wertpapier einem der fünf Portfolios zugewiesen. Bei einem Gruppierungs- oder Bin-Packing-Problem und Verwendung der Lösungsmethode **Gruppierung** muss sichergestellt werden, dass vor Start von Evolver jede Gruppe (1 – 5) mindestens einmal im aktuellen Szenario vorhanden ist.

In den Zellen F6:F10 wird der Gesamtwert für jedes der fünf Portfolios berechnet. Dies wird außerhalb des Bildschirms durch Datenbankkriterien (in Spalte I) und DBSUMME()-Formeln (in den Zellen F6:F10) erreicht. In Zelle F6 wird beispielsweise die DBSUMME aller Werte in Spalte B berechnet, die der Gruppe 5 (in Spalte C) zugeordnet wurden.

In Zelle F12 wird dagegen die Standardabweichung innerhalb aller Portfolio-Werte berechnet, und zwar mit der Funktion STABW(). Dadurch kann festgestellt werden, wie gleichwertig die 5 Portfolios bereits sind. Das Diagramm zeigt den Gesamtwert der einzelnen Portfolios zusammen mit einer Verweislinie, aus der hervorgeht, welche Zielnummer erreicht werden müsste, um alle Portfolios gleichzustellen.

Lösungsmethode

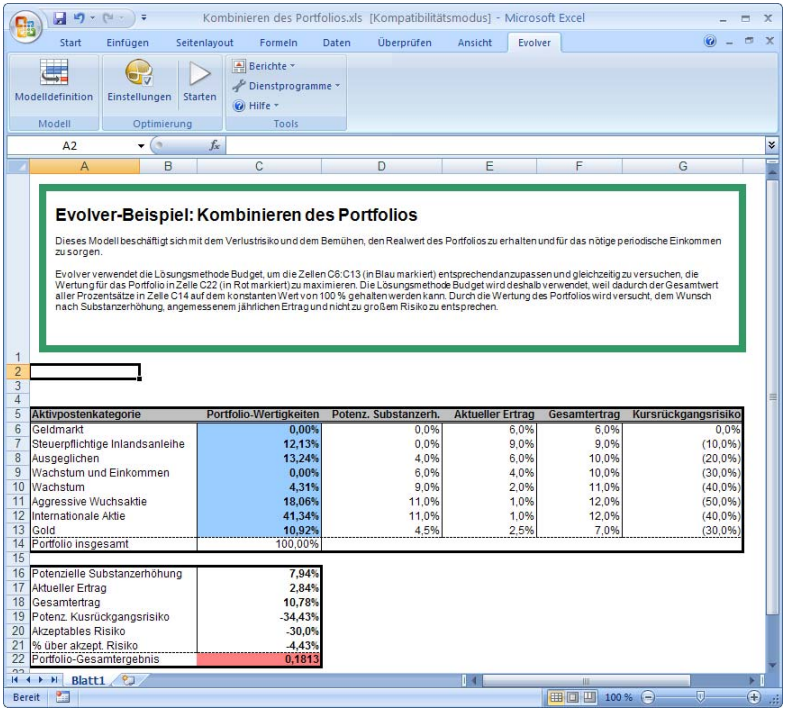
Den Wert in Zelle F12 minimieren, indem die Zellen C5:C104 angepasst werden. Die Methode **Gruppierung** verwenden, um sicherzustellen, dass die Werte 1, 2, 3, 4 und 5 jeweils mindestens einmal in Spalte C erscheinen.

Durch die Lösungsmethode **Gruppierung** wird Evolver angewiesen, die Variablen in *x* Gruppen anzuordnen, wobei *x* die Anzahl der verschiedenen bei Start einer Optimierung in den anpassbaren Zellen befindlichen Werte darstellt.

Kombinieren des Portfolios

Angenommen, ein junges Pärchen hat Aktivvermögen in Form von verschiedenen Investitionen, die alle unterschiedliche Erträge, potenzielle Substanzerhöhung und Risiken mit sich bringen. Durch Kombinieren mehrerer Formeln, durch die verschiedene Bewertungsfaktoren multipliziert werden, haben diese beiden jungen Leute sich ihre eigenen Rangpunktliste ausgearbeitet, aus der hervorgeht, in welchem Umfang irgendeine bestimmte Kombination von Investitionen den finanziellen Bedürfnissen dieses Pärchens entspricht.

Beispieldatei:	Kombinieren des Portfolios.xls
Ziel:	Das Ziel ist, eine optimale Kombination von Investitionen herausfinden, durch die der Profit maximiert wird, und zwar unter Berücksichtigung eines akzeptablen Risikos und des derzeitigen Renditebedarfs.
Lösungsmethode:	Budget


Kombinieren des Portfolios.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
A2
Evolver-Beispiel: Kombinieren des Portfolios
Dieses Modell beschäftigt sich mit dem Verlustrisiko und dem Bemühen, den Realwert des Portfolios zu erhalten und für das nötige periodische Einkommen zu sorgen.
Evolver verwendet die Lösungsmethode Budget, um die Zellen C6:C13 (in Blau markiert) entsprechend anzupassen und gleichzeitig zu versuchen, die Wertung für das Portfolio in Zelle C22 (in Rot markiert) zu maximieren. Die Lösungsmethode Budget wird deshalb verwendet, weil dadurch der Gesamtwert aller Prozentsätze in Zelle C14 auf dem konstanten Wert von 100 % gehalten werden kann. Durch die Wertung des Portfolios wird versucht, dem Wunsch nach Substanzerhöhung, angemessenem jährlichen Ertrag und nicht zu großem Risiko zu entsprechen.
Aktivpostenkategorie | Portfolio-Wertigkeiten | Potenz. Substanzerh. | Aktueller Ertrag | Gesamtertrag | Kursrückgangsrisiko
Geldmarkt 0,00% 0,0% 6,0% 6,0% 0,0%
Steuerpflichtige Inlandsanleihe 12,13% 0,0% 9,0% 9,0% (10,0%)
Ausgeglichen 13,24% 4,0% 6,0% 10,0% (20,0%)
Wachstum und Einkommen 0,00% 6,0% 4,0% 10,0% (30,0%)
Wachstum 4,31% 9,0% 2,0% 11,0% (40,0%)
Aggressive Wuchsaktie 18,06% 11,0% 1,0% 12,0% (50,0%)
Internationale Aktie 41,34% 11,0% 1,0% 12,0% (40,0%)
Gold 10,92% 4,5% 2,5% 7,0% (30,0%)
Portfolio insgesamt 100,00%
Potenzielle Substanzerhöhung 7,94%
Aktueller Ertrag 2,84%
Gesamtertrag 10,78%
Potenz. Kusrückgangsrisiko -34,43%
Akzeptables Risiko -30,0%
% über akzept. Risiko -4,43%
Portfolio-Gesamtergebnis 0,1813
Blatt1
Bereit
100 %

Funktionsweise des Modells

Dies ist ein klassisches Finanzmodell, durch das versucht wird, das Verlustrisiko durch die erwartete Rendite auszugleichen. Jedem in Spalte A aufgeführten Anlagewert ist in Spalte C ein gewisser Bewertungsfaktor zugewiesen. Im Modell werden die Renditen-Prozentsätze mit dem Bewertungsfaktor des jeweiligen Anlagewertes im Portfolio multipliziert, um so die Gesamtrendite in Zelle C18 zu erhalten. Auch wird in Zelle C19 der Wert für das Gesamtrisiko berechnet, der nicht höher als das in Zelle D19 aufgeführte akzeptable Risiko sein sollte.

Lösungsmethode

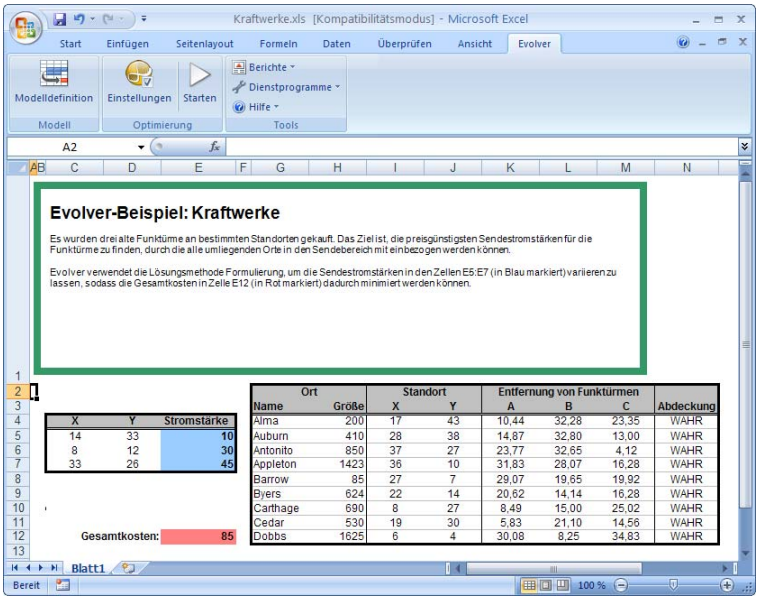
Das Gesamtergebnis in Zelle C22 ergibt sich aus der Gesamtrendite minus Strafpunkten für irgendein Risiko, das über den akzeptablen Prozentsatz hinausgeht. Dann dieses Gesamtergebnis maximieren.

Kraftwerke

Ein Funknetz kauft drei stillgelegte, nicht mehr funktionierende Funktürme in einem Gebiet, in dem sich zwölf größere Gemeinden befinden. Das Netzwerk möchte ganz neue Rundfunksender kaufen und in den Funktürmen installieren, damit diese die Sendungen wieder ausstrahlen können.

Aufgrund eines begrenzten Budgets soll so wenig wie möglich für die Sender ausgegeben werden, die aber trotzdem alle 9 umliegenden Gemeinden in ihrem Wellenbereich haben müssen. Wir gehen hier von einem linearen Preisstellungsmodell aus, bei dem die Kosten eines Senders direkt seiner Ausstrahlungsstärke entsprechen. Mit anderen Worten, wir suchen nach der niedrigsten Ausstrahlungsstärke. Es wäre jedoch genauso leicht, einfach eine Nachschlagetabelle der wirklichen Sendertypen und -preise zu erstellen.

Beispieldatei:	Kraftwerke.xls
Ziel:	Das Ziel ist, den kleinsten (preisgünstigsten) Sender für jeden der alten Funktürme zu kaufen, der aber stark genug sein muss, das Programm in alle neun umliegenden Gemeinden ausstrahlen zu können.
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Elementsatz bezogene Probleme, bei denen eine Reihe von Elementen durch eine kleinere Anzahl von gut definierten Elementsätzen beschreiben werden müssen.



Funktionsweise des Modells

Dieses Modell ist so ähnlich wie im Funkturmpositionsbeispiel (Funkturmposition.xls), aber hier sind die Positionen feststehend und es handelt sich um die Variablen der Funkturm-Austrahlungsbereiche in den Zellen E5:E7, die entsprechend angepasst werden müssen. Die Energiekosten für die drei Funktürme werden in Zelle E12 addiert. Dies ist die zu minimierende Zielzelle.

In den Zellen K4:M12 wird berechnet, wie weit die einzelnen Gemeinden vom Funkturm entfernt sind, und in Spalte N wird der Wert WAHR zurückgegeben, wenn eine Gemeinde sich im Wellenbereich eines der Senders befindet. Alle diese Beschränkungen werden über die harte Beschränkungsoption *Alle Bereiche abgedeckt?* aktiviert. Diese Beschränkung wird durch die Formel UND($N$4:$N$12) dargestellt und gibt nur dann den Wert WAHR zurück, wenn alle Werte in der Spalte N ebenfalls WAHR sind.

Lösungsmethode

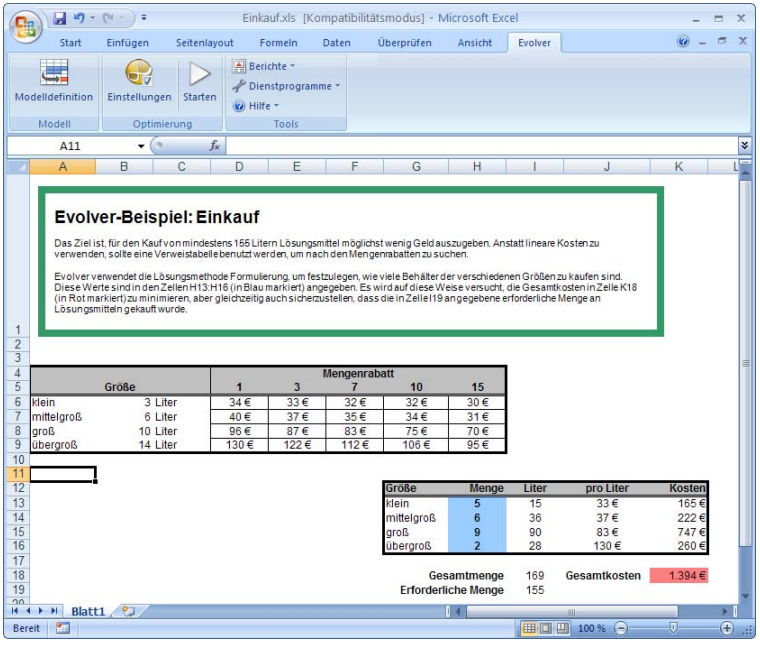
Die in Zelle E12 erforderliche Energie minimieren, indem in den Zellen E5:E7 die Ausstrahlungsradien der Funktürme entsprechend angepasst werden. Die Lösungsmethode **Formulierung** verwenden, um die Bereiche für die Variablen von 0 bis 100 einzustellen. Die erforderlich harte Beschränkung, die in Form einer Excel-Formel eingegeben wird, ist vorstehend beschrieben.

Einkauf

Wenn viele Möglichkeiten bestehen, Gebrauchgüter einzukaufen, ist es durch die Mengenrabatte oft schwierig, genau festzustellen, welches die rationellste Einkaufsmethode ist. Dieses Modell enthält eine einfache Preistabelle, in der die Mengenrabattpreise für ein besonderes Lösungsmittel aufgelistet sind. Sie müssen mindestens 155 Liter dieses Lösungsmittel kaufen, das in kleinen, mittelgroßen, großen und übergroßen Fässern geliefert wird.

Versuchen Sie, die richtige Anzahl der einzelnen Fassgrößen zu kaufen, um die Kosten zu minimieren.

Beispieldatei:	Einkauf.xls
Ziel:	Das Ziel ist, für den Kauf von 155 Litern Lösungsmittel möglichst wenig Geld auszugeben.
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Das Gegenteil: Erstellung einer Preistabelle, die möglichst gleichmäßig und gerecht den Kauf von größeren Mengen belohnt.


Einkauf.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
A11
Evolver-Beispiel: Einkauf
Das Ziel ist, für den Kauf von mindestens 155 Litern Lösungsmittel möglichst wenig Geld auszugeben. Anstatt lineare Kosten zu verwenden, sollte eine Verweistabelle benutzt werden, um nach den Mengenrabatten zu suchen.
Evolver verwendet die Lösungsmethode Formulierung, um festzulegen, wie viele Behälter der verschiedenen Größen zu kaufen sind. Diese Werte sind in den Zellen H13:H16 (in Blau markiert) angegeben. Es wird auf diese Weise versucht, die Gesamtkosten in Zelle K18 (in Rot markiert) zu minimieren, aber gleichzeitig auch sicherzustellen, dass die in Zelle I19 angegebene erforderliche Menge an Lösungsmitteln gekauft wurde.
Mengenrabatt
Größe
1
3
7
10
15
klein 3 Liter 34 € 33 € 32 € 32 € 30 €
mittelgroß 6 Liter 40 € 37 € 35 € 34 € 31 €
groß 10 Liter 96 € 87 € 83 € 75 € 70 €
übergroß 14 Liter 130 € 122 € 112 € 106 € 95 €
Größe Menge Liter pro Liter Kosten
klein 5 15 33 € 165 €
mittelgroß 6 36 37 € 222 €
groß 9 90 83 € 747 €
übergroß 2 28 130 € 260 €
Gesamtmenge 169 Gesamtkosten 1.394 €
Erforderliche Menge 155
Blatt1
Bereit
100 %

Funktionsweise des Modells

Das Lösungmittel ist in Fässern von 3, 6, 10 und 14 Litern verfügbar. Die Preistabelle für jede Fassgröße ist in den Zellen D6:H9 aufgeführt. Die Zellen H13:H16 zeigen die Menge, die von jeder Fassgröße zu kaufen ist. In Spalte K werden die Kosten für jeden Einkauf berechnet und in Zelle K18 sind die Gesamtkosten zu sehen. Dieses Modell ermöglicht Ihnen, die zu kaufenden Menge (Zelle I19) von 155 auf irgendeine andere gewünschte Literanzahl zu ändern. Zelle I18 enthält die gesamten gekauften Liter. Dieser Wert muss mindestens der erforderlichen Zahl in Zelle I19, d.h. 155 Litern, entsprechen. Die vorhandene harte Beschränkung besagt, dass die gekaufte Menge höher als die erforderliche Menge sein muss.

Da mindestens 155 Liter erforderlich sind, würden Sie sich vielleicht entscheiden, 11 übergroße Fässer (154 Liter) und ein kleines Fass von 3 Litern, also insgesamt 157 Liter zu kaufen. Gemäß Preistabelle würde dafür ein Gesamtbetrag von $ 1200 zu zahlen sein. Wenn Sie jedoch die Optimierung ausführen, erhalten Sie noch eine preisgünstigere Kombination.

Lösungsmethode

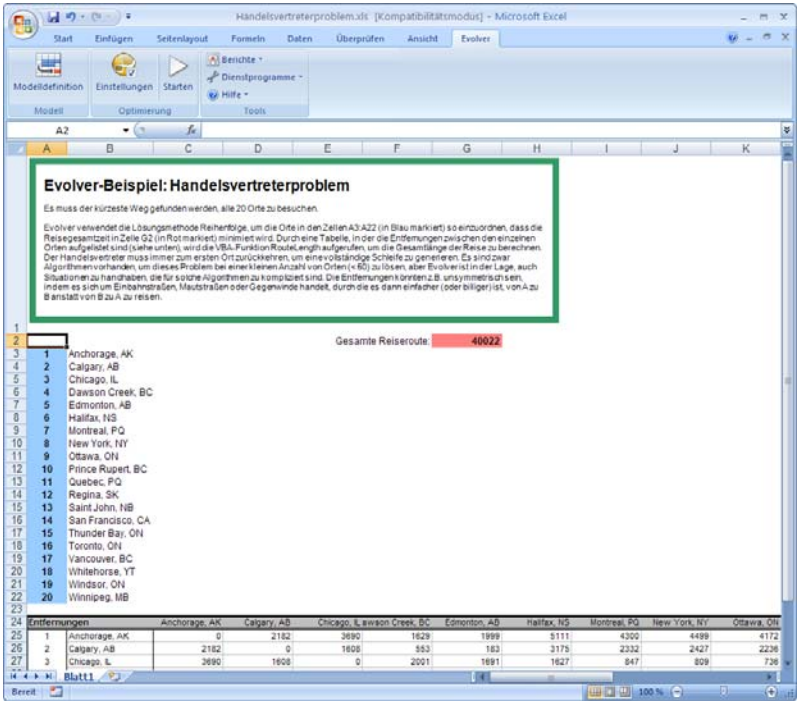
Die Kosten in ZelleK18 minimieren, und zwar durch entsprechende Anpassung de zu kaufenden Mengen in den Zellen H13:H16. Zum Anpassen der Werte die Lösungsmethode **Formulierung** verwenden und dabei die Bereiche dieser Variablen zwischen 1 und 20 einstellen. Es ist nicht möglich, nur Teil eines Fasses zu kaufen. Evolver muss daher angewiesen werden, nur mit Ganzzahlen zu arbeiten, und zwar durch Aktivieren der Option **Ganzzahlen** im Dialogfeld **Anpassbare Zellen**. Da nicht weniger als 155 Liter gekauft werden können, muss die harte Beschränkung *I18>155* eingegeben werden.

Handelsvertreterproblem

Angenommen, ein Vertreter muss jeden Ort im zugewiesenen Gebiet mindestens einmal besuchen. Wie kann auf kürzestem Wege jeder Ort besucht werden? Dies ist ein klassisches Optimierungsproblem, das durch herkömmliche Methoden sehr schwer zu lösen ist, wenn es sich dabei um viele (>50) Orte handelt.

Ein ähnliches Problem ist vorhanden, wenn die günstigste Reihenfolge für eine Reihe von Aufgaben in einer Fertigungsanlage festgelegt werden soll. Es könnte beispielsweise sehr viel leichter sein, schwarze Farbe auf weiße aufzutragen, als umgekehrt. In Evolver kann diese Art von Problemen am besten durch die Lösungsmethode ***Reihenfolge*** beigelegt werden.

Beispieldatei:	Handelsvertreterproblem.xls
Ziel:	Das Ziel ist, auf kürzestem Wege jeden Ort nur einmal zu besuchen.
Lösungsmethode:	Reihenfolge
Ähnliche Probleme:	Das Herausfinden der schnellsten Methode, Löcher in Leiterplatten zu bohren.


Handelsvertreterproblem.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Evolver-Beispiel: Handelsvertreterproblem
Es muss der kürzeste Weg gefunden werden, alle 20 Orte zu besuchen.
Gesamte Reiseroute: 40022
Entfernungen
Blatt1

Funktionsweise des Modells

Durch die Datei „Handelsvertreterproblem.xls“ wird die Weglänge einer Reise in verschiedene Orte dadurch berechnet, dass die Entfernungen in einer Tabelle abgelesen werden. Spalte A enthält die ID-Nummern für bestimmte Orte. In Spalte B sind die Namen angegeben, die diesen Nummern entsprechen (mittels Verweisfunktion). Die Reihenfolge, in der die Orte (und ihre Nummern) von oben nach unten aufgeführt sind, entsprechen der Folge, in der diese Orte besucht werden sollen. Wenn beispielsweise die Nummer 9 in Zelle A3 eingegeben wurde, ist Ottawa der erste zu besuchende Ort. Wenn A4 z, B. „6“ (Halifax) enthält, ist Halifax die zweite zu besuchende Stadt.

Die Entfernungen zwischen Orten oder Städten sind in der Tabelle aufgeführt, und zwar angefangen mit Zelle C25. Die in der Tabelle genannten Entfernungen sind symmetrisch (Entfernung zwischen A und B ist die gleiche wie zwischen B und A). Realistischere Modelle könnten jedoch auch asymmetrische Entfernungen mit einbeziehen, wenn z. B. das Reisen in eine bestimmte Richtung durch Gegenwind, Bergauffahrt, schlechte Verkehrsmöglichkeiten usw. schwieriger ist.

Um die Länge der Reiseroute zwischen den Städten zu berechnen, muss jetzt eine bestimmte Funktion verwendet werden. Die Länge der gesamten Reiseroute wird in Zelle G2 gespeichert. Das ist die Zelle, die optimiert werden soll. Zu diesem Zweck wird die Funktion **RouteLength** verwendet. Dies ist eine angepasste VBA-Funktion in der Datei „Handelsvertreterproblem.xls“.

Lösungsmethode

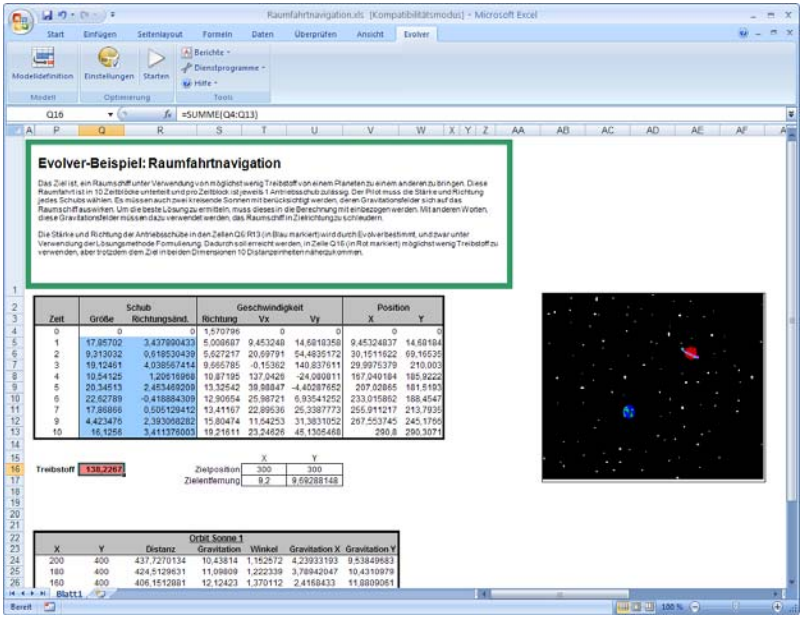
Den Wert in Zelle G2 minimieren, indem die Zellen in A3:A22 angepasst werden. Die Methode **Reihenfolge** verwenden und vor Start der Optimierung sicherstellen, dass die Werte 1 bis 20 in den anpassbaren Zellen (A3:A22) vorhanden sind.

Durch die Lösungsmethode **Reihenfolge** ordnet Evolver die ausgewählten Variablen neu an, und zwar werden dazu verschiedene Permutationen von vorhandenen Variablen ausprobiert.

Raumfahrtnavigation

Als für den Abschuss der Raumfähre „Evolver III“ verantwortliches Bodenpersonal müssen Sie genau die Stärke und Richtung jedes Raketenschubs berechnen, um zum Erreichen des geplanten Ziels möglichst wenig Treibstoff zu verwenden. In den besseren Lösungen wird wahrscheinlich die Anziehungskraft von in der Nähe befindlichen Gestirnen dazu verwendet, an Treibstoff zu sparen.

Beispieldatei:	Raumfahrnavigation.xls
Ziel:	Das Ziel ist, das Raumschiff unter Verwendung von möglichst wenig Treibstoff ans Ziel zu bringen. Dabei sollte die Schwerkraft von im kosmischen Umfeld befindlichen Sternen ausgenutzt werden.
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Prozesssteuerungsprobleme



Funktionsweise des Modells

Die Zellen Q5:R15 enthalten die Werte für Schubstärke und Richtung für jeden der zehn Zeitschritte. Die zu minimierende Zelle Q16 enthält den Wert für den Gesamttreibstoff, der während der zehn Zeitschritte (Zellen Q4:Q13) verbraucht wird.

Folgende harten Beschränkungen sind vorhanden: a) die Endposition des Raumschiffs muss innerhalb von 10 Horizontaleinheiten in Bezug auf den als Ziel bestimmten Himmelskörper liegen und b) die Endposition des Raumschiffs muss außerdem auch innerhalb von 10 Vertikaleinheiten des Himmelskörpers liegen.

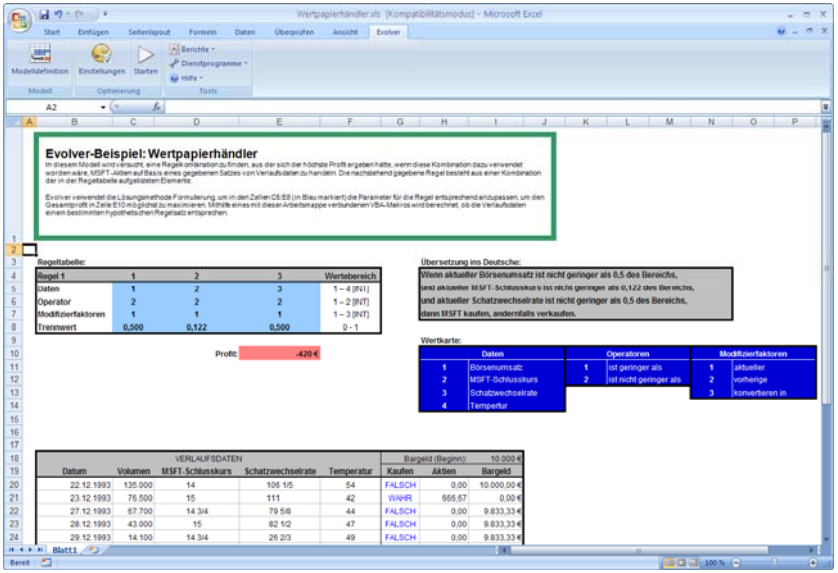
Lösungsmethode

Zelle Q16 muss minimiert werden. Es muss eine anpassbare Zellgruppe erstellt werden, für die in den Zellen Q5:R13 die Lösungsmethode **Formulierung** verwendet wird. Die „Schub"-Zellen (Q5:R13) sollten Werte zwischen 0 und 300 enthalten und die Richtungszellen (R5:R13) sollten zwischen -3 und 3 eingestellt sein, da zur Darstellung der Schubrichtung die Radien verwendet werden. Ein Radius entspricht ungefähr 57 Grad.

Wertpapierhändler

Angenommen, Sie handeln S&P 500-Aktien und haben festgestellt, dass durch technische Analyse eine genauere Aktienprognose möglich ist als durch herkömmliche Fundamentalanalyse, und dass durch Erstellung eines entsprechenden Systems Zeit gespart werden kann. Es scheint unzählige Richtlinien zum Handeln von Wertpapieren zu geben, aber nur einige wenige hätten einen stattlichen Profit erbracht, wenn Sie sie befolgt hätten. Durch ein intelligentes Computer-Suchprogramm könnte vielleicht herausgefunden werden, welche Regeln den höchsten Profit über einen bestimmten Zeitraum hinweg eingebracht hätten.

Beispieldatei:	Wertpapierhändler.xls
Ziel:	Das Ziel ist, einen Satz von drei Regeln ausfindig zu machen, die über einen bestimmten Zeitraum hinweg die höchste Rendite eingebracht hätten.
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Herausfinden der optimalen gleitenden Durchschnitte, die das beste Ergebnis eingebracht hätten. Irgendwelche Regel- oder Kriterien-Ermittlungsprobleme



Funktionsweise des Modells

In diesem Modell werden mehrere anpassbare Zellgruppen dazu verwendet, ein Gesamtproblem zu lösen. Für jeden Börsentag werden drei Regeln evaluiert. Wenn die Bedingungen aller drei Regeln eingehalten werden, d.h. wahr sind, gibt der Computer für diesen Tag einen Kaufauftrag aus; andernfalls wird ein Verkaufsauftrag erstellt. (Ein realistischeres Handelsprogramm würde nicht nur kaufen oder verkaufen, sondern mitunter auch an dem bestehenden Portfolio festhalten.)

Jede Regel wird durch einen Satz von vier Zahlen in den Zellen C5:E8 beschrieben, durch die mehrere Dinge angegeben werden: 1) auf welche Datenquelle sich die Regel bezieht; 2) ob der Datenwert oberhalb oder unterhalb eines Trennwertes liegen sollte; 3) der Trennwert, durch den bestimmt wird, ob die Regel WAHR ist; 4) ein Änderungswert, der angibt, ob der Wert als solcher oder der Wert des letzten Tages bzw. die Änderung seit dem letzten Tag überprüft werden sollte.

Die Trennwerte liegen zwischen 0 und 1 und stellen den Prozentsatz im Datenquellenbereich dar. Wenn das Volumen beispielsweise zwischen 5000 und 10000 liegt, würde ein Trennwert von 0,0 einem Volumen von 5000, ein Trennwert von 1,0 einem Volumen von 10000 und ein Trennwert von 0,5 einem Volumen von 7500 entsprechen. Durch dieses System können die Regeln auf jede beliebige Datenquelle angewendet werden, und zwar ganz unabhängig davon, um welche Werte es sich handelt.

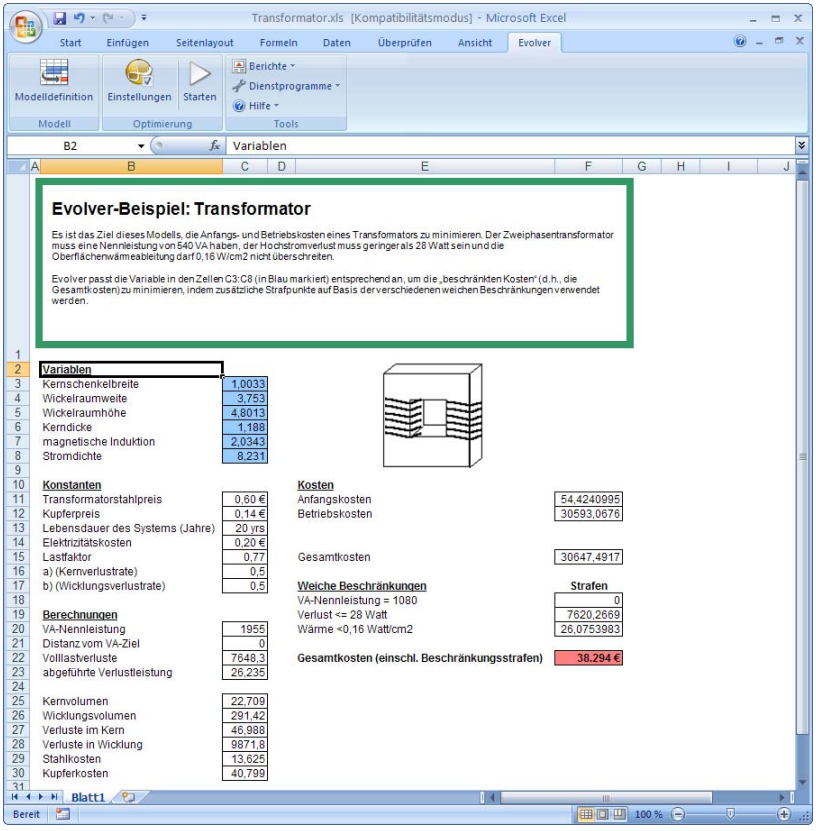
Lösungsmethode

Anpassbare Zellgruppen erstellen, die alle mit der Lösungsmethode **Formulierung** arbeiten müssen. Jede Zeile in C5:E5, C6:E6, C7:E7 und C8:E8 sollte separat erstellt werden, damit jeder Gruppe mühelos die für die Gruppe bestimmten Optionen zugewiesen werden können, wie z. B. Ganzahlen und Bereiche. Die Einstellungen für die einzelnen Variablensätze sind in den Zellen F5:F8 aufgelistet. Über Zelle E10 wird ein Makro aufgerufen, um das Handeln unter Verwendung dieser Regeln zu simulieren. Der in dieser Zelle erscheinende Wert sollte maximiert werden. In Zelle E10 wird der Gesamtprofit zurückgegeben, der sich durch das Simulieren des Handels in Wertpapieren an den einzelnen Tagen in der Verlaufsdatenbank ergeben hat.

Transformator

Der Zweiphasentransformator muss eine Nennleistung von 1080 VA haben, der Hochstromverlust muss geringer als 28 Watt sein und die Oberflächenwärmeableitung darf 0,16 Watt/cm2 nicht überschreiten. Die Kosten sollen minimiert und gleichzeitig die Leistungskriterien beobachtet werden.

Beispieldatei:	Transformator.xls
Ziel:	Das Ziel ist, die anfänglichen sowie auch die Betriebskosten eines Transformators zu minimieren.
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Schaltkreis- oder Brückenkonstruktion



Funktionsweise des Modells

Die Beschränkungen für Nennleistung, Hochstromverlust und Wärmeableitung sind als weiche Beschränkungen codiert. Eine weiche Beschränkung erstellen, indem Lösungen, die nicht den Anforderungen entsprechen und somit ungültig sind, mit Strafpunkten belegt werden. Im Gegensatz zu einer harten Beschränkung, die unbedingt eingehalten werden muss, kann Evolver hier auch „ungültige“ Lösungen ausprobieren. Da diese aber im Modell durch eine entsprechende Funktion mit Strafpunkten belegt werden, zeigen sie in der Zielzelle nur sehr dürftige Ergebnisse. Daher werden diese ungültigen Lösungen mit der Zeit verworfen, sodass sie sich dann nicht mehr in der sich entwickelnden Population der möglichen Lösungen befinden.

Eine weiche Beschränkung funktioniert vielleicht besser als eine harte Beschränkung, sofern das Problem nicht übermäßig durch Beschränkungen belastet ist. Auch wird Evolver durch weiche Beschränkungen in die Lage versetzt, vielleicht eine wirklich gute Lösung zu akzeptieren, selbst wenn sie nicht ganz genau allen Beschränkungen entspricht. Eine solche Lösung kann oft wertvoller sein, als eine nicht so gute Lösung, die mit allen Beschränkungen konform geht.

Lösungsmethode

Materialkosten (d.h. Anfangskosten) und Betriebskosten (d.h. Stromkosten * Stromverlusten) in den Zellen F11 und F12 berechnen. Diese Kosten mit den in den Zellen F18:F20 eingestellten Straffunktionen kombinieren, um so die endgültigen beschränkten Kosten in Zelle F22 zu formulieren. Anschließend den Wert in dieser Zielzelle mithilfe der Lösungsmethode **Formulierung** minimieren.

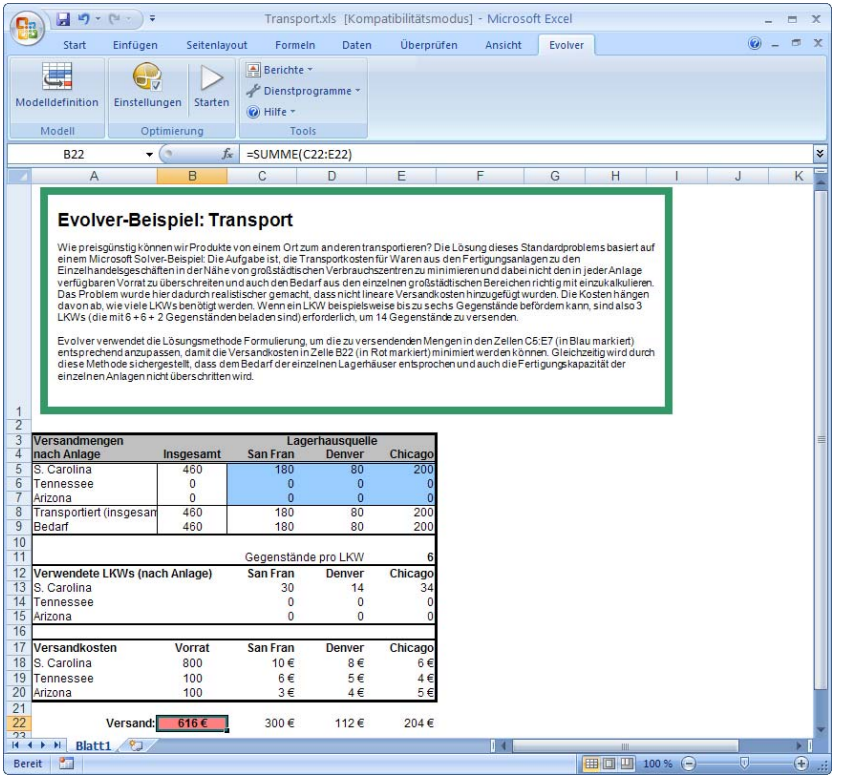
Transport

Wie preisgünstig können wir Produkte von einem Ort zum anderen transportieren? Die Lösung dieses Standardproblems basiert auf einer Erweiterung des folgenden älteren Microsoft Solver-Beispiels:

„Die Transportkosten für Waren aus den Fertigungsanlagen zu den Lagerhäusern in der Nähe von großstädtischen Verbrauchszentren minimieren und dabei nicht den in jeder Anlage verfügbaren Vorrat überschreiten und auch den Bedarf aus den einzelnen großstädtischen Bereichen richtig einkalkulieren."

Um das Problem realistischer zu machen, wurden die Versandkosten geändert. Sie werden jetzt nicht mehr linear berechnet, sondern hängen davon ab, wie viele LKWs erforderlich sind. Ein LKW kann bis zu sechs Versandteile befördern. Um 14 Versandteile zu transportieren, sind also 3 LKWs (die mit 6 + 6 + 2 Versandteilen beladen sind) erforderlich.

Beispieldatei:	Transport.xls
Ziel:	Das Ziel ist, Versandteile aus drei Fertigungsanlagen zu fünf Lagerhäusern zu transportieren, und zwar so kostengünstig wie möglich.
Lösungsmethode:	Formulierung
Ähnliche Probleme:	Entwurf von Kommunikationsnetzen


Transport.xls [Kompatibilitätsmodus] - Microsoft Excel
Start
Einfügen
Seitenlayout
Formeln
Daten
Überprüfen
Ansicht
Evolver
Modelldefinition
Einstellungen
Starten
Berichte
Dienstprogramme
Hilfe
Modell
Optimierung
Tools
B22
=SUMME(C22:E22)
Evolver-Beispiel: Transport
Wie preisgünstig können wir Produkte von einem Ort zum anderen transportieren? Die Lösung dieses Standardproblems basiert auf einem Microsoft Solver-Beispiel. Die Aufgabe ist, die Transportkosten für Waren aus den Fertigungsanlagen zu den Einzelhandelsgeschäften in der Nähe von großstädtischen Verbrauchszentren zu minimieren und dabei nicht den in jeder Anlage verfügbaren Vorrat zu überschreiten und auch den Bedarf aus den einzelnen großstädtischen Bereichen richtig mit einzukalkulieren. Das Problem wurde hier dadurch realistischer gemacht, dass nicht lineare Versandkosten hinzugefügt wurden. Die Kosten hängen davon ab, wie viele LKWs benötigt werden. Wenn ein LKW beispielsweise bis zu sechs Gegenstände befördern kann, sind also 3 LKWs (die mit 6 + 6 + 2 Gegenständen beladen sind) erforderlich, um 14 Gegenstände zu versenden.
Evolver verwendet die Lösungsmethode Formulierung, um die zu versendenden Mengen in den Zellen C5:E7 (in Blau markiert) entsprechend anzupassen, damit die Versandkosten in Zelle B22 (in Rot markiert) minimiert werden können. Gleichzeitig wird durch diese Methode sichergestellt, dass dem Bedarf der einzelnen Lagerhäuser entsprochen und auch die Fertigungskapazität der einzelnen Anlagen nicht überschritten wird.
Versandmengen nach Anlage
Insgesamt
Lagerhausquelle
San Fran
Denver
Chicago
S. Carolina 460 180 80 200
Tennessee 0 0 0 0
Arizona 0 0 0 0
Transportiert (insgesam 460 180 80 200
Bedarf 460 180 80 200
Gegenstände pro LKW 6
Verwendete LKWs (nach Anlage) San Fran Denver Chicago
S. Carolina 30 14 34
Tennessee 0 0 0
Arizona 0 0 0
Versandkosten Vorrat San Fran Denver Chicago
S. Carolina 800 10 € 8 € 6 €
Tennessee 100 6 € 5 € 4 €
Arizona 100 3 € 4 € 5 €
Versand: 616 € 300 € 112 € 204 €
Blatt1
Bereit
100 %

Funktionsweise des Modells

Die Zellen C5:G7 enthalten die Versandteile, die aus den einzelnen Anlagen in die einzelnen Lagerhäuser transportiert worden sind. In den Zellen C13:G13 wird die Anzahl der LKWs berechnet, die zum Verladen dieser Versandteile erforderlich sein würden. Folgende harten Beschränkungen sind vorhanden: 1) Die insgesamt aus den einzelnen Fertigungsanlagen verladenen Waren dürfen den dort vorhandenen Vorrat nicht übersteigen. 2) Die insgesamt aus allen Anlagen in die einzelnen Lagerhäuser transportierten Waren müssen mindestens den dort erforderlichen Mengen entsprechen. Dadurch wird sichergestellt, dass jedes Lagerhaus die benötigten Waren erhält und keine Fertigungsanlage überfordert ist.

Lösungsmethode

In den Zellen C5:G7 muss die Lösungsmethode **Formulierung** verwendet und müssen Ganzwerte zwischen 0 und 500 eingesetzt werden. Dann einen Satz von harten Beschränkungen für jede Fertigungsanlage eingeben, aus denen hervorgeht, dass die Verladungen aus der Anlage den dort vorhandenen Vorrat nicht überschreiten dürfen (Verladungen aus Anlage <= dort vorhandenem Vorrat). Anschließend einen zweiten Satz von harten Beschränkungen für jedes Lagerhaus eingeben, aus denen hervorgeht, dass die Gesamtverladungen an ein Lagerhaus mindestens den dort bestehenden Bedarf decken müssen (Gesamtverladungen an Lagerhaus >= dortigem Bedarf). Zum Schluss die Versandkosten in Zelle B22 minimieren.

Kapitel 5: Evolver-Referenzhandbuch

Befehl Modelldefinition 111

Anpassbare Zellbereiche 113
Anpassbare Zellgruppen 116
Lösungsmethode Formulierung 118
Lösungsmethode Reihenfolge 119
Lösungsmethode Gruppierung 120
Lösungsmethode Budget 121
Lösungsmethode Projekt 122
Lösungsmethode Ablaufsplan 123
Crossing-over- und Mutationsrate 126
Anzahl der Zeitblöcke und Beschränkungszellen 128
Vorhergehende Aufgaben 129
Operatoren 129
Beschränkungen 132
Schaltfläche Hinzufügen –Hinzufügen von Beschränkungen 132
Einfache und Formelbeschränkungen 133
Weiche Beschränkungen 134

Befehl Optimierungseinstellungen 137

Befehl Optimierungseinstellungen – Registerkarte Allgemein 137
Befehl Optimierungseinstellungen – Registerkarte Ausführungszeit 139
Optionen für Optimierungsausführungszeit 140
Befehl Optimierungseinstellungen – Registerkarte Ansicht 142
Befehl Optimierungseinstellungen – Registerkarte Makros 143

Befehl Optimierung starten 145

Befehle im Menü Dienstprogramme 147

Befehl Anwendungseinstellungen 147
Befehl Beschränkungs-Solver 148

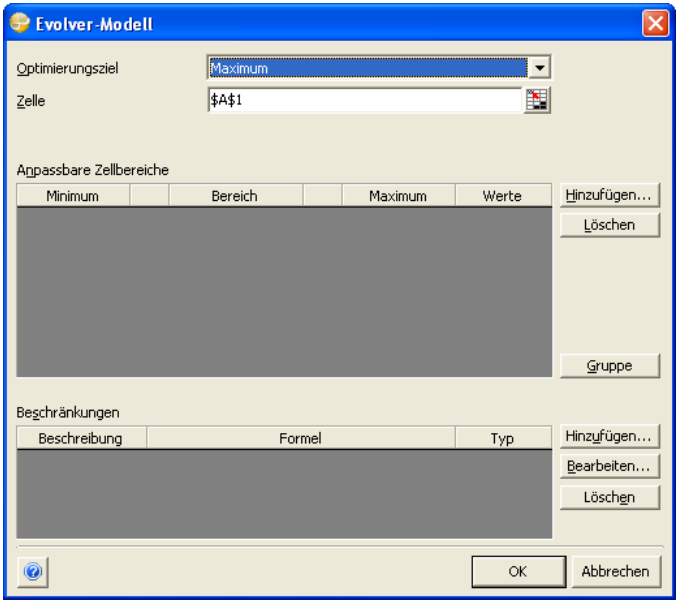
Evolver-Überwachungsprogramm 151

Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Fortschritt ... 152
Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Übersicht 154
Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Protokoll..... 156
Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Population.. 158
Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Diversity..... 159
Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Anhalteoptionen..... 160

Befehl Modelldefinition

Definiert sowohl das Ziel als auch die anpassbaren Zellen und die Beschränkungen für ein Modell

Durch Auswahl des Evolver-Befehls **Modelldefinition** (oder durch Klicken auf das Symbol für **Modell** in der Evolver-Symbolleiste) wird das Dialogfeld **Modell** angezeigt.



Dialogfeld **Evolver – Modell**

Dieses Dialogfeld wird dazu verwendet, in Evolver ein Optimierungsproblem anzugeben oder zu beschreiben. Dieses Dialogfeld ist in jeder neuen Excel-Arbeitsmappe anfangs leer, aber die darin angegebenen Informationen werden zusammen mit der Arbeitsmappe gespeichert. Mit anderen Worten, wenn das Arbeitsblatt wieder geöffnet wird, sind alle in das Dialogfeld **Modell** eingegebenen Informationen darin enthalten. Alle Komponenten dieses Dialogfelds werden in diesem Abschnitt beschrieben.

Im Dialogfeld **Modell** stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- **Optimierungsziel.** Durch diese Option wird festgelegt, nach welcher Antwort Evolver suchen soll. Bei Auswahl von *Minimum* sucht Evolver nach variablen Werten, durch die der kleinstmögliche Wert für die Zielzelle erzeugt wird (bis ganz hinunter zu -1e300). Wenn dagegen *Maximum* gewählt wird, sucht Evolver nach variablen Werten, die den größtmöglichen Wert für die Zielzelle ergeben (bis hinauf zu +1e300).

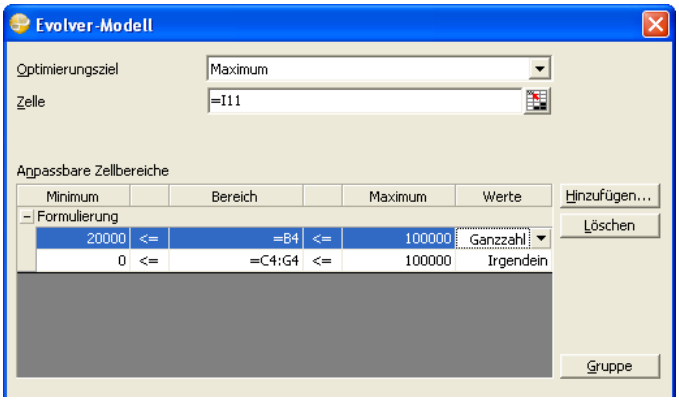
  Bei Auswahl von *Zielwert* sucht Evolver nach variablen Werten, die einen Wert für die Zielzelle erzeugen, der möglichst nah an dem von Ihnen angegebenen Wert liegt. Sobald Evolver eine entsprechende Lösung findet, wird die Suche automatisch beendet. Wenn Sie beispielsweise angeben, dass Evolver nach einem Ergebnis suchen soll, das dem Wert 14 am nächsten liegt, werden vielleicht Szenarien angezeigt, die einen Wert von 13,7 oder 14,5 ergeben. 13,7 liegt natürlich näher an 14 als 14,5, aber Evolver kümmert sich nicht darum, ob der Wert über oder unter dem angegebenen Wert liegt, sondern nur darum, wie dicht der gefundene Wert an dem von Ihnen genannten Wert liegt.

- **Zelle.** Die Zelle oder ***Zielzelle*** enthält die Ausgabe Ihres Modells. Bei jeder von Evolver erzeugten Probelösung (d.h. bei jeder Kombination von möglichen anpassbaren Zellwerten) wird ein Wert für diese Zielzelle erstellt. Die Zielzelle sollte eine Formel enthalten, die entweder direkt oder über eine Reihe von Berechnungen von den anpassbaren Zellen abhängt. Diese Formel kann mithilfe von standardmäßigen Excel-Formeln (wie z. B. SUM() oder auch mittels benutzerdefinierter VBA-Makrofunktionen erstellt werden. Bei Verwendung von VBA-Makrofunktionen kann Evolver sogar Modelle auswerten, die sehr komplex sind.

  Bei der Suche nach einer Lösung verwendet Evolver einen Wert der Zielzelle, und zwar als Auswertungs- oder Fitnessfunktion, um herauszufinden, wie gut die einzelnen möglichen Szenarien sind, und um zu bestimmen, welche variablen Werte weiter „gekreuzt“ oder „verpflanzt“ werden sollten und welche nicht. Was in der biologischen Evolution der Tod, ist in RISKOptimizer die Fitnessfunktion, da durch diese bestimmt wird, welche Genen sich weiter verbreiten dürfen und welche nicht. Bei Aufbau des Modells muss die Zielzelle die Fitness des gegebenen Szenarios reflektieren, damit Evolver beim Berechnen der Möglichkeiten auch den Fortschritt genau messen kann.

Anpassbare Zellbereiche

In der Tabelle *Anpassbare Zellbereiche* werden die einzelnen Bereiche angezeigt, die die von Evolver anzupassenden Zellen oder Werte enthalten, und zwar zusammen mit der für diese Zellen eingegebenen Beschreibung. Jeder Satz von anpassbaren Zellen ist in einer horizontalen Zeile aufgelistet. Ein oder mehrere anpassbare Zellbereiche können zu einer **anpassbaren Zellgruppe** zusammengefasst werden. Alle Zellbereiche in einer anpassbaren Zellgruppe verwenden die gleiche **Lösungsmethode**, **Crossing-over-Rate**, **Mutationsrate** und auch die gleichen **Operatoren**.



Da die anpassbaren Zellen die Variablen des Problems enthalten, müssen Sie mindestens eine Gruppe von anpassbaren Zellen definieren, um Evolver verwenden zu können. Die meisten Probleme werden durch nur eine Gruppe von anpassbaren Zellen beschrieben, aber kompliziertere Probleme erfordern evtl. verschiedene Blöcke von Variablen, um gleichzeitig mit unterschiedlichen Lösungsmethoden beigelegt werden zu können. Diese einzigartige Architektur ermöglicht den mühelosen Aufbau von sehr komplexen Problemen aus vielen Gruppen von anpassbaren Zellen.

Folgende Optionen stehen zur Eingabe von anpassbaren Zellbereichen zur Verfügung:

- **Hinzufügen**. Sie können neue anpassbare Zellen hinzufügen, indem Sie neben dem Listenfeld **Anpassbare Zellen** auf **Hinzufügen** klicken. Wählen Sie die hinzuzufügende Zelle oder den Zellbereich aus. Daraufhin wird in der Tabelle **Anpassbare Zellbereiche** eine neue Zeile angezeigt. Sie können in der Tabelle einen **Minimum**- oder **Maximum**-Wert für die Zellen in dem Bereich angeben, und zwar zusammen mit dem zu prüfenden Wertetyp, nämlich **Ganzzahl**-Werte im ganzen Bereich oder **beliebige** Werte.

- **Minimum und Maximum.** Nachdem Sie angegeben haben, wo sich die anpassbaren Zellen befinden, wird durch den Eintrag unter **Minimum** und **Maximum** der Bereich der für die einzelnen Zellen akzeptablen Werte eingestellt. Standardmäßig wird für jede anpassbare Zelle ein Realzahlwert (Doppelstellengleitkommawert) zwischen negativer und positiver Unendlichkeit eingestellt.

  Bereichseinstellungen sind Beschränkungen, die genau eingehalten werden müssen. In Evolver kann keine Variable einen Wert außerhalb der eingestellten Bereiche annehmen. Es ist zu empfehlen, möglichst genaue Bereiche für die Variablen einzustellen, um die Leistung von Evolver zu erhöhen. Vielleicht wissen Sie, dass der Wert nicht negative sein darf oder dass Evolver für eine bestimmte Variable nur Werte zwischen 50 und 70 ausprobieren soll.

- **Bereich**. Der Verweis auf die anzupassende Zelle wird in das Feld *Bereich* eingegeben. Dieser Verweis kann durch Auswahl des Bereichs mit der Maus in der Kalkulationstabelle oder durch Eingabe eines Bereichsnamen in einen gültigen Excel-Verweis (z. B. Sheet!A1:BS) vorgenommen werden. Das Feld **Bereich** ist für alle Lösungsmethoden verfügbar. Bei der Methode **Formulierung** oder **Budget** können jedoch die Optionen *Minimum*, *Maximum* und *Werte* hinzugefügt werden, um die Eingabe eines Bereichs für die anpassbaren Zellen zu ermöglichen.

HINWEIS: Wenn den Variablen enge Bereiche zugewiesen werden, können Sie dadurch den Umfang der Suche begrenzen und somit dafür sorgen, dass* Evolver *schneller eine Lösung findet. Die Bereiche für die Variablen dürfen jedoch nicht zu eng eingestellt werden, da* Evolver *sonst keine optimalen Lösungen finden kann.

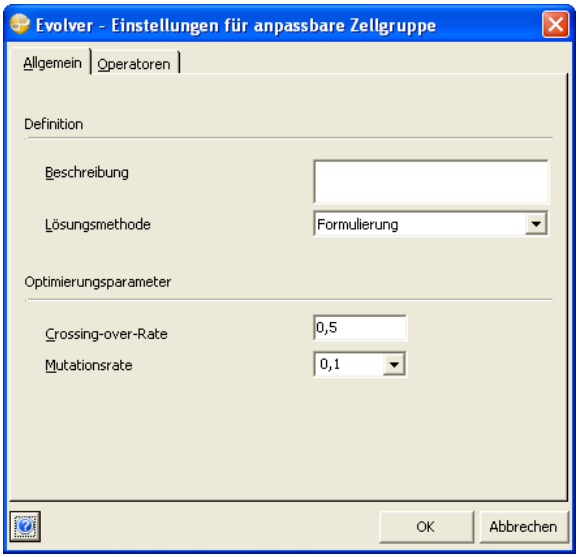
- **Werte.** Die Eingabe unter **Werte** ermöglicht Ihnen, Evolver anzuweisen, alle in dem angegebenen Bereich befindlichen Variablen als Ganzzahlen (z. B. 22) und nicht als Realzahlen (z, B. 22,395) zu behandeln. Diese Option ist nur bei den Lösungsmethoden **Formulierung** und **Budget** verfügbar. Standardmäßig werden alle Variablen als Realzahlen angesehen.

Sie müssen darauf achten, dass die Einstellung **Ganzzahlen** aktiviert ist, wenn in Ihrem Modell Variablen verwendet werden, um in den Tabellen, z. B. WVERWEIS(), SVERWEIS(), INDEX(), BEREICH.VERSCHIEBEN() usw., nachzuschlagen. Auch ist daran zu denken, dass die Einstellung **Ganzzahlen** sich auf alle Variablen im ausgewählten Bereich auswirkt. Falls einige Variablen als Realzahlen und andere als Ganzzahlen behandelt werden sollen, können Sie zwei Gruppen von anpassbaren Zellen (anstelle von einer) erstellen, und dann einen Block für Ganzzahlen und den anderen für Realzahlen einsetzen. Sie brauchen nur eine Formulierungs-Gruppe von anpassbaren Zellen hinzufügen und dann unter **Werte** den Eintrag **Beliebig** beibehalten. Als Nächstes dann einen anderen Zellbereich hinzufügen und diesmal die Einstellung **Ganzzahlen** und nur anpassbare Ganzzahlzellen auswählen.

Anpassbare Zellgruppen

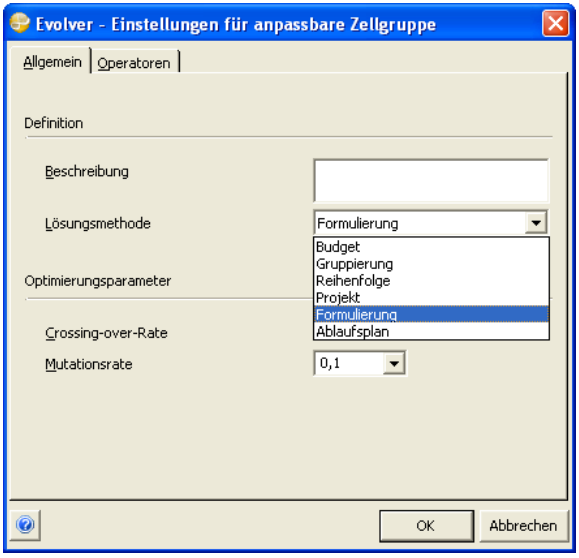
Jede Gruppe von anpassbaren Zellen kann mehrere Zellbereiche enthalten. Dadurch können Sie eine Hierarchie von Zellbereichsgruppen aufbauen, die in Beziehung zueinander stehen. In jeder Gruppe kann jeder Zellbereich seine eigene Min-Max-Bereichsbeschränkung haben.

Alle Zellbereiche in einer anpassbaren Zellgruppe verwenden die gleiche **Lösungsmethode**, **Crossing-over-Rate**, **Mutationsrate** und auch die gleichen **Operatoren**. Diese sind alle im Dialogfeld **Einstellungen für anpassbare Zellgruppe** angegeben. Zum Zugriff auf dieses Dialogfeld müssen Sie neben der Tabelle **Anpassbare Zellbereiche** auf die Schaltfläche **Gruppe** klicken. Sie haben die Möglichkeit, eine neue Gruppe zu erstellen, der Sie dann anpassbare Zellbereiche hinzufügen oder in der Sie auch die Einstellungen einer bereits vorhandenen Gruppe bearbeiten können.



Auf der Registerkarte **Allgemein** des Dialogfelds **Einstellungen für anpassbare Zellgruppe** sind folgende Optionen verfügbar;

- **Beschreibung.** Beschreibt die Gruppe der anpassbaren Zellbereiche in Dialogfeldern und Berichten.
- **Lösungsmethode.** Wählt die Lösungsmethode aus, die in der Gruppe für die einzelnen anpassbaren Zellbereiche verwendet werden soll.



Wenn Sie in Evolver einen anzupassenden Zellbereich auswählen, geben Sie gleichzeitig eine Lösungsmethode an, die beim Anpassen dieser Zellen verwendet werden soll. Jede Lösungsmethode ist im Grunde ein vollkommen anderer gentechnischer Algorithmus mit eigenen optimierten Auswahlen und Crossing-over- sowie Mutations-Routinen. Durch diese Lösungsmethoden werden die Werte Ihrer Variablen auf verschiedene Weise „jongliert“.

Die Lösungsmethode **Formulierung** behandelt z. B. jede ausgewählte Variable als den Bestandteil einer Formulierung, d. h. der Wert jeder Variable kann unabhängig von den Werten der anderen Variablen geändert werden. Bei der Lösungsmethode **Reihenfolge** werden dagegen die Werte unter den anpassbaren Zellen ausgetauscht, wodurch die Originalwerte neu angeordnet werden.

In Evolver sind sechs Lösungsmethoden verfügbar. Drei dieser Lösungsmethoden (**Formulierung**, **Reihenfolge** und **Gruppierung**) verwenden vollkommen unterschiedliche Algorithmen. Bei den anderen drei handelt es sich um ***Abkömmlinge*** der ersten drei Methoden, aber mit zusätzlichen Beschränkungen.

Im folgenden Abschnitt wird die Funktion der einzelnen Lösungsmethoden beschrieben. Um einen besseren Einblick in die Verwendungsweise der einzelnen Lösungsmethoden zu erhalten, sollten Sie sich die in der Software anhaltenden Beispieldateien näher ansehen (siehe Kapitel 4: Anwendungsbeispiele).

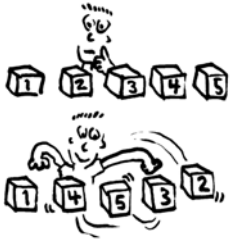
Lösungsmethode Formulierung

Formulierung ist die einfachste und beliebteste Lösungsmethode. Sie können diese Methode überall dort verwenden, wo die anzupassenden Variablen unabhängig voneinander verändert werden können. Sie sollten sich jede Variable wie eine Zutat zu einem Kuchen vorstellen. Bei Verwendung der Lösungsmethode **Formulierung** wird Evolver angewiesen, Zahlen für diese Variablen zu generieren, um die beste Mischung zu finden. Die einzige Beschränkung, die Sie Formulierungsvariablen auferlegen, ist ein Bereich (d. h. zwischen höchstem und niedrigstem Wert), in den diese Werte fallen müssen. Stellen Sie diese Werte im Dialogfeld **Anpassbare Zellen** in den Feldern *Min* und *Max* auf Werte zwischen 1 und 100 ein und geben Sie außerdem an, ob Evolver mit Ganzzahlen (z. B. 1, 2, 7) oder Realzahlen (z. B. 1,4230024, 63,72442 usw.) arbeiten soll.

Es folgen einige Beispiele darüber, wie ein Satz von variablen Werten evtl. vor Aufruf von Evolver in einem Arbeitsblatt aussehen könnte, und welche beiden neuen Szenarien sich nach Verwendung der Lösungsmethode **Formulierung** vielleicht daraus ergeben könnten.

Originalsatz von variablen Werten	Satz 1 von möglichen Formulierungswerten	Satz 2 von möglichen Formulierungswerten
23,472	15,344	37,452
145	101	190
9	32,44	7,073
65.664	14.021	93.572

Lösungsmethode Reihenfolge



Die Lösungsmethode **Reihenfolge** ist die zweitbeliebteste Methode nach **Formulierung**. Bei der Methode **Reihenfolge** handelt es sich um die Umsetzung einer Reihe von Werten, um die beste Anordnung dieser Werte zu finden. Im Gegensatz zu den Lösungsmethoden **Formulierung** und **Budget**, bei denen Evolver angewiesen wird, Werte für die gewählten Variablen zu generieren, wird bei der Methode **Reihenfolge** mit den in Ihrem Modell bereits vorhandenen Werten gearbeitet.

Die Reihenfolge könnte z. B. die Folge darstellen, in der verschiedene Aufgaben auszuführen sind. Angenommen, Sie möchten die richtige Reihenfolge finden, in der fünf Aufgaben, die mit 1,2,3,4 und 5 nummeriert sind, am besten auszuführen sind. Durch die Lösungsmethode **Reihenfolge** würden in diesem Fall die 5 Werte durcheinander gemischt werden, sodass ein mögliches Szenario vielleicht 3,5,2,4,1 sein könnte. Da Evolver hier lediglich die in Ihrem ursprünglichen Arbeitsblatt gegebenen variablen Werte auswertet, wird bei der Lösungsmethode **Reihenfolge** kein Min-Max-Bereich für anpassbare Zellen eingegeben.

Es folgen einige Beispiele darüber, wie ein Satz von variablen Werten evtl. vor Aufruf von Evolver in einem Arbeitsblatt aussehen könnte, und welche beiden neuen Szenarien sich nach Verwendung der Lösungsmethode **Reihenfolge** vielleicht daraus ergeben könnten.

Originalsatz von variablen Werten	**Satz 1 von möglichen Reihenfolgewerten**	**Satz 2 von möglichen Reihenfolgewerten**
23,472	145	65.664
145	23,472	9
9	65.664	145
65.664	9	23,472

Lösungsmethode Gruppierung

Die Lösungsmethode **Gruppierung** sollte immer dann verwendet werden, wenn es sich bei dem Problem um eine Anzahl von Variablen handelt, die in mehreren Sätzen gruppiert werden sollen. Die durch Evolver erstellten verschiedenen Gruppen werden dann der Anzahl der eindeutigen Werte entsprechen, die bei Start einer Optimierung in den anpassbaren Zellen vorhanden sind. Wenn Sie ein Modell Ihres System erstellen, sollten Sie daher darauf achten, dass jede Gruppe mindestens einmal vertreten ist.

Angenommen, ein Bereich von 50 Zellen enthält nur die Werte 2, 3,5 und 17. Wenn Sie dann die 50 Zellen auswählen und die Werte mithilfe der Lösungsmethode **Gruppierung** anpassen, wird jede der 50 Zellen durch Evolver einer der drei Gruppen (2, 3,5 oder 17) zugewiesen. Alle Gruppen werden durch mindestens eine der anpassbaren Zellen dargestellt. Das ist ungefähr so, als ob jede der 50 Variablen in einen von mehreren Behältern geworfen und dabei darauf geachtet wird, dass sich in jedem Behälter mindestens eine Variable befindet. Ein anderes Beispiel wäre das Zuweisen von einer Reihe von Positionswerten (bei denen es sich z. B. um 1, 0 oder -1 handeln kann) zu einem Handelssystem, um Kauf-, Verkauf- oder Haltepositionen anzuzeigen. Genau wie bei der Lösungsmethode **Reihenfolge** werden auch hier durch Evolver bereits vorhandene Werte angeordnet, sodass kein Min-Max-Bereich und auch keine Ganzzahloption zu definieren ist.

HINWEIS: Bei Verwendung der Lösungsmethode* Gruppierung *dürfen keine Zellen leer gelassen werden, es sei denn, dass 0,0 eine der Gruppen sein soll.

Sie werden vielleicht erkennen, dass anstelle der Lösungsmethode **Gruppierung** evtl. auch die Lösungsmethode „Formulierung“ verwendet werden kann, sofern bei dieser die Option **Ganzzahlen** aktiviert wird und die Bereiche von 1 bis 3 (oder entsprechend der vorhandenen Gruppenanzahl) eingestellt werden. Der Unterschied liegt darin, wie die Suche durch **Formulierung** und durch **Gruppierung** ausgeführt wird. Auch sind die ***Auswahl-, Mutations-*** und ***Crossing-over***-Routinen unterschiedlich. Bei **Gruppierung** wird viel mehr auf die Werte aller Variablen geachtet, weil bei dieser Lösungsmethode ein Satz von Variablen aus einer Gruppe durch einen Satz von Variablen aus einer anderen Gruppe ausgetauscht werden kann.

Es folgen einige Beispiele darüber, wie ein Satz von variablen Werten evtl. vor Aufruf von Evolver in einem Arbeitsblatt aussehen könnte, und welche beiden neuen Szenarien sich nach Verwendung der Lösungsmethode **Gruppierung** vielleicht daraus ergeben könnten.

Originalsatz von variablen Werten	Satz 1 von möglichen Gruppierungswerten	Satz 2 von möglichen Gruppierungswerten
6	6	8
7	6	7
8	8	6
8	7	7

Lösungsmethode Budget

Die Lösungsmethode **Budget** ist ähnlich der Methode **Formulierung**, aber alle Werte der Variablen müssen eine bestimmte Zahl ergeben. Diese Zahl ist die Gesamtsumme der variablen Werte zur Zeit der Optimierung.

Angenommen, Sie möchten die beste Methode zur Verteilung des jährlichen Budgets unter mehreren Abteilungen herausfinden. Durch die Lösungsmethode **Budget** würde in diesem Fall die Gesamtsumme der aktuellen Werte für diese Abteilungen als das optimal zu verteilende Gesamtbudget verwendet. Nachstehend sind einige Beispiele darüber, wie zwei neue Szenarien evtl. nach Verwendung der Lösungsmethode **Budget** aussehen würden.

Originalsatz von Budgetwerten	Satz 1 von möglichen Budgetwerten	Satz 2 von möglichen Budgetwerten
200	93,1	223,5
3,5	30	0
10	100	-67
10	0,4	67

Es werden viele Werte ausprobiert, aber die Gesamtsumme bleibt 223,5.

Lösungsmethode Projekt

Die Lösungsmethode **Projekt** ist ähnlich der Lösungsmethode **Reihenfolge**, aber gewisse Aufgaben müssen vor anderen ausgeführt werden. Die Lösungsmethode **Projekt** kann beim Projektmanagement dazu verwendet werden, die Reihenfolge neu anzuordnen, in der die Aufgaben ausgeführt werden sollen. Aber die Reihenfolge wird immer den Vorrangsbeschränkungen entsprechen.

Ein mithilfe der Lösungsmethode **Projekt** modelliertes Problem wird erheblich einfacher zu handhaben und zu verstehen sein, wenn die anpassbaren Zellen, die die Reihenfolge der Aufgaben enthalten, sich in einer Spalte und nicht in einer Zeile befinden. Bei dieser Lösungsmethode wird nämlich davon ausgegangen, dass die vorhergehenden Aufgabezellen vertikal und nicht horizontal angeordnet sind. Es ist daher einfacher, Ihr Arbeitsblatt zu untersuchen, wenn die anpassbaren Zellen ebenfalls vertikal angeordnet sind.

Nachdem Sie angegeben haben, wo sich die anpassbaren Zellen befinden, sollten Sie im Dialogfeld unter *Vorhergehende Aufgaben* angeben, wo die Zellen der vorhergehenden Aufgaben zu finden sind. Es handelt sich hier um eine Zellentabelle, aus der hervorgeht, welche Aufgaben vor welchen anderen Aufgaben ausgeführt werden müssen. Die Lösungsmethode verwendet diese Tabelle, um in einem Szenario die Reihenfolge der Variablen neu anzuordnen, bis den Vorrangsbeschränkungen voll entsprochen wird. Im Bereich der vorhergehenden Aufgaben sollte eine Zeile für jede in den anpassbaren Zellen befindliche Aufgabe vorhanden sein. Abgefangen mit der ersten Spalte des Bereichs der vorhergehenden Aufgaben, sollte die ID-Nummer jeder Aufgabe, von der die Aufgabe dieser Zeile abhängt, in einer separaten Spalte aufgelistet werden.

Dieses Objekt	muss nach diese kommen...		
1	6	9	
2	1	6	3
3	1		
4	9	12	
5			
6	9	1	2
7	3	4	
8			
9	12	3	1

Beispiel für das Einrichten von Präzedenzfällen für die Lösungsmethode **Projekt**

Der Bereich der Vorrangsaufgaben sollte mit ***n*** Zeilen mal ***m*** Spalten angegeben werden, wobei ***n*** die Anzahl der im Projekt (d. h. in den

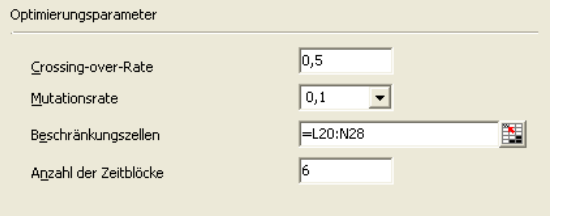
anpassbaren Zellen) enthaltenden Aufgaben und ***m*** die Höchstanzahl an vorhergehenden Aufgaben, die eine Aufgabe hat, darstellt.

Es folgen einige Beispiele darüber, wie ein Satz von variablen Werten evtl. vor Aufruf von Evolver in einem Arbeitsblatt aussehen könnte, und welche beiden neuen Szenarien sich nach Verwendung der Lösungsmethode **Projekt** vielleicht ergeben würden, und zwar mit der Beschränkung, dass 2 immer nach 1 und 4 immer nach 2 kommen muss.

Originalsatz von variablen Werten	Satz 1 von möglichen Projektwerten	Satz 2 von möglichen Projektwerten
1	1	1
2	3	2
3	2	4
4	4	3

Lösungsmethode Ablaufsplan

Ein Ablaufsplan ist ähnlich einer Gruppierung; es ist eine Zuweisung von Aufgaben zu bestimmten Zeitperioden. Es wird davon ausgegangen, dass jede Aufgabe gleichviel Zeit in Anspruch nimmt, genau wie Klassenstunden in einer Schule alle gleich lang sind. Anders als bei einer Gruppierung können Sie im Dialogfeld **Einstellungen für anpassbare Zellgruppe** bei der Lösungsmethode **Ablaufsplan** aber direkt die zu verwendende Anzahl an Zeitblöcken (oder Gruppen) angeben. Sie werden feststellen, dass bei Auswahl der Methode **Ablaufsplan** im unteren Teil des Dialogfelds mehrere in Beziehung stehende Optionen angezeigt werden.



Unter *Optimierungsparameter* können Sie auch einen Beschränkungszellenbereich anhängen. Dieser Bereich kann eine beliebige Länge haben, muss aber genau drei Spalten breit sein. Acht Beschränkungsarten sind möglich:

1) *(with) Die Aufgaben in der 1. und 3. Spalte müssen im gleichen Zeitblock ausgeführt werden.*
2) *(not with) Die Aufgaben in der 1. und 3. Spalte dürfen nicht im gleichen Zeitblock ausgeführt werden.*

3) *(before) Die Aufgabe in der 1. Spalte muss vor der Aufgabe in der 3. Spalte ausgeführt werden.*

4) *(at) Die Aufgabe in der 1. Spalte muss im Zeitblock der 3. Spalte ausgeführt werden.*
5) *(not after) Die Aufgabe in der 1. Spalte muss zur selben Zeit oder vor der Aufgabe in der 3. Spalte ausgeführt werden.*
6) *(not before) Die Aufgabe in der 1. Spalte muss zur selben Zeit oder nach der Aufgabe in der 3. Spalte ausgeführt werden.*
7) *(not at) Die Aufgabe in der 1. Spalte darf nicht im Zeitblock der 3. Spalte ausgeführt werden.*
8) *(after) Die Aufgabe in der 1. Spalte muss nach der Aufgabe in der 3. Spalte ausgeführt werden.*

Als Beschränkung kann entweder ein numerischer Code (1 bis 8) oder die englische Beschreibung (*after, not at* usw.) eingegeben werden. (Hinweis: Evolver kann in allen Sprachversionen sowohl die englische als auch die übersetzte Beschreibung einer eingegebenen Beschränkung erkennen. Alle für das Problem angegebenen Beschränkungen werden eingehalten. Sie können Beschränkungen erstellen, indem Sie auf Ihrem Arbeitsblatt eine Tabelle einrichten, in der die linke und die rechte Spalte Aufgaben darstellen und die mittlere Spalte die Art der Beschränkungen angibt. Eine Nummer von 1 bis 8 stellt die Art der vorstehend genannten Beschränkung dar. Die im Beschränkungsbereich befindlichen Zellen müssen die Beschränkungsdaten enthalten, bevor Sie mit dem Optimieren beginnen können.

Diese Aufgabe	**Beschränkung**	**Diese Aufgabe**
5	4	2
12	2	8
2	3	1
7	1	5
6	2	4
9	3	1

Es folgen einige Beispiele darüber, wie ein Satz von variablen Werten evtl. vor Aufruf von Evolver in einem Arbeitsblatt aussehen könnte, und welche beiden neuen Szenarien sich nach Verwendung der Lösungsmethode **Ablaufplanung** vielleicht daraus ergeben könnten.

Originalsatz von variablen Werten	Satz 1 der möglichen Ablaufsplanwerte	Satz 2 der möglichen Ablaufsplanwerte
1	1	1
2	1	3
3	3	1
1	1	2
2	2	2
3	3	2

HINWEIS: Wenn Sie die Lösungsmethode* Ablaufsplan *wählen, werden immer Ganzzahlen (1,2,3 usw.) verwendet, ganz gleich, ob in den anpassbaren Zellen Zahlen mit oder ohne Dezimalstellen vorhanden sind.

Crossing-over- und Mutationsrate

Eines der schwierigsten Probleme beim Suchen nach optimalen Lösungen ist zu entscheiden, worauf man sich konzentrieren sollte, besonders wenn es für das Problem praktisch endlose Möglichkeiten zu geben scheint. Mit anderen Worten, wie viel Rechenzeit sollte dafür verwendet werden, neue Bereiche im „Lösungsraum" zu erforschen, und wie viel Zeit sollte zum Feineinstellen der Lösungen in der Population benutzt werden, die sich bereits als ziemlich gut erwiesen hat?

Ein Großteil des Erfolges des gentechnischen Algorithmus hat damit zu tun, dass dieser praktisch automatisch das rechte Gleichgewicht beibehält. Die GA-Struktur ermöglicht guten Lösungen, sich „fortzupflanzen", aber hält auch weniger gute Organismen am Leben, um die Vielfalt und auch die Möglichkeiten zu erhalten, dass evtl. ein verborgenes „Gen" sich für die endgültige Lösung als wichtig erweist.

Crossover und *Mutation* sind zwei Parameter, die sich auf den Umfang der Suche auswirken, und Evolver ermöglicht den Benutzern, diese Parameter vor und auch noch während des Entwicklungsprozesses zu ändern. Auf diese Weise kann ein fachkundiger Benutzer der GA helfen, indem er entscheidet, worauf sich das Programm konzentrieren soll. Für die meisten Zwecke brauchen die Einstellungen für Crossover und Mutation (0,5 bzw. 0,1) nicht geändert werden. Für den Fall, dass Sie den Algorithmus für das Problem fein abstimmen, vergleichende Studien ausführen oder sonst irgendwie experimentieren möchten, geben wir hier eine kurze Einführung zu diesen beiden Parametern.

- **Crossing-over-Rate**. Die Crossing-over-Rate kann zwischen 0,01 und 1,0 eingestellt werden und zeigt den Grad der Wahrscheinlichkeit, dass zukünftige Szenarien oder „Organismen“ eine Mischung von Informationen aus der vorherigen Generation von übergeordneten oder Vorgängerorganismen enthalten wird. Diese Rate kann durch sachkundige Benutzer geändert werden, um die Performance von Evolver bei komplexen Problemen fein abzustimmen.

  Mit anderen Worten, eine Rate von 0,5 bedeutet, dass ungefähr 50% der variablen Werte eines untergeordneten oder Nachwuchsorganismus von dem einen und die übrigen Werte von dem anderen Vorgängerorganismus abstammen werden. Eine Rate von 0,9 besagt dagegen, dass ca. 90% der Werte des Nachwuchsorganismus vom ersten Vorgängerorganismus und ca. 10% vom zweiten Vorgängerorganismus abstammen werden. Eine Crossing-over-Rate von 1 zeigt an, dass kein Crossover stattfinden wird und somit nur Klone oder Duplikate der Vorgängerorganismen ausgewertet werden.

  Die durch Evolver verwendete Standardrate ist 0,5. Sobald Evolver mit dem Lösen eines Problems begonnen hat, können Sie die Crossing-over-Rate mithilfe des Evolver-Überwachungsprogramm ändern (weitere Einzelheiten hierüber sind unter **Evolver-Überwachungsprogramm** in diesem Kapitel zu finden).

- **Mutationsrate**. Die Mutationsrate kann zwischen 0,0 und 1,0 eingestellt werden und weist auf die Wahrscheinlichkeit hin, dass zukünftige Szenarien einige Zufallswerte enthalten werden. Eine höhere Mutationsrate bedeutet einfach, dass mehr Mutationen oder „Zufallsgenwerte“ in die Population gelangen werden. Da die Mutation nach dem Crossover stattfindet, bedeutet eine Mutationsrate von 1 (100% Zufallswerte), dass praktisch kein Crossover wirksam werden kann und dass Evolver ausschließlich Zufallsszenarien erzeugen wird.

Falls alle Daten der optimalen Lösung bereits irgendwo in der Population vorhanden waren, ist der Crossover-Operator wahrscheinlich ausreichend, um schließlich die Lösung zusammenzustoppeln. Mutation hat sich als wichtiges Element in der biologischen Welt erwiesen, und zwar oft aus denselben Gründen, aus denen die Mutation auch im gentechnischen Algorithmus benötigt wird: Mutation ist wichtig für das Aufrechterhalten einer mannigfaltigen Population von unterschiedlichen Organismen, um zu vermeiden, dass die Population zu unflexibel wird, um sich der dynamischen Umgebung anzupassen. Genau wie in einem gentechnischen Algorithmus sind es oft die genetischen Mutationen in der Tierwelt, die schließlich zur Entwicklung von wichtigen neuen Funktionen führen.

Für die meisten Zwecke reicht die standardmäßige Mutationseinstellung vollkommen aus. Diese Einstellung kann jedoch durch versierte Benutzer auch geändert werden, um die Performance von Evolver bei komplexen Problemen entsprechend fein abzustimmen. Vielleicht entschließt sich der Benutzer, die Mutationsrate zu erhöhen, falls die Population in Evolver ziemlich homogen ist und während der letzten 200 oder 300 Versuche keine neuen Lösungen mehr gefunden wurden. Eine typische Änderung der Einstellung ist von 0,06 auf 0,2. Sobald Evolver mit dem Lösen eines Problems begonnen hat, können Sie die Mutationsrate mithilfe des Evolver-Überwachungsprogramm dynamisch ändern (weitere Einzelheiten hierzu sind weiter hinten in diesem Kapitel unter **Evolver-Überwachungsprogramm** zu finden).

Wenn Sie im Feld **Mutationsrate** in der Dropdown-Liste den Eintrag *Autom.* wählen, wird die Mutationsrate automatisch eingestellt. Das ermöglicht Evolver, die Mutationsrate automatisch zu erhöhen, wenn ein Organismus sehr alt erscheint, d. h. wenn er über viele Versuche hinweg unverändert geblieben ist. Bei vielen Modellen können durch Auswahl von *Autom.* schneller bessere Ergebnisse erzielt werden, besonders dann, wenn die optimale Mutationsrate nicht bekannt ist.

Anzahl der Zeitblöcke und Beschränkungs-zellen

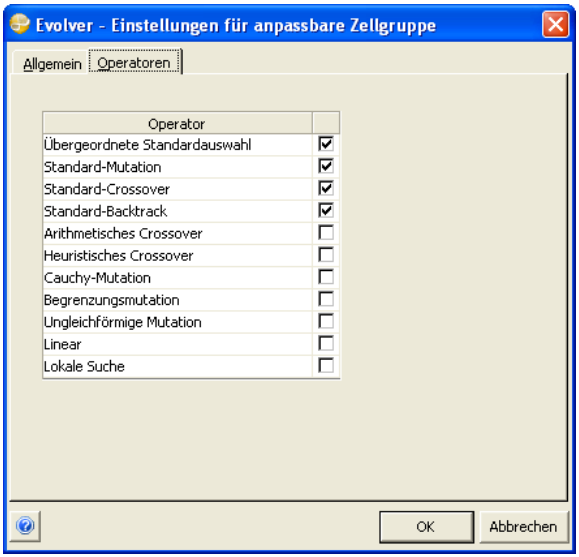
Weitere Informationen zu diesen Optionen sind in diesem Kapitel im Abschnitt *Lösungsmethoden* unter ***Ablaufsplan*** zu finden.

Vorhergehende Aufgaben

Weitere Informationen zu diesen Optionen sind in diesem Kapitel im Abschnitt *Lösungsmethoden* unter ***Projekt*** zu finden.

Operatoren

Wenn in Evolver die Lösungsmethode **Formulierung** verwendet wird, sind auswählbare gentechnische Operatoren verfügbar. Wenn Sie im Dialogfeld **Einstellungen für anpassbare Zellgruppen** auf die Registerkarte **Operatoren** klicken, können Sie einen speziellen gentechnischen Operator (wie z. B. **heuristisches Crossover** oder **Begrenzungsmutation**) wählen, um mögliche Werte für einen Satz von anpassbaren Zellen zu erstellen. Auch kann Evolver automatisch alle verfügbaren Operatoren prüfen, um den Operator zu finden, der für Ihr Problem am besten ist.



Gentechnische Algorithmen verwenden genetische Operatoren, um aus der aktuellen Lösungen in der Population neue zu erstellen. Bei zwei der genetischen Operatoren, die in Evolver verwendet werden, handelt es sich um die Operatoren *Mutation* und *Crossover*. Durch den Operator *Mutation* wird bestimmt, ob Zufallsänderungen in „Genen“ (Variablen) vorgenommen sollen und auf welche Weise das passieren soll. Mithilfe des Operators *Crossover* wird dagegen festgelegt, wie Lösungspaare in der Population bestimmte „Genen“ austauschen können, um Nachwuchslösungen zu erzeugen, die besser für das Problem geeignet sind als das Vorgängerpaar.

In Evolver stehen folgende speziellen gentechnischen Operatoren zur Verfügung:

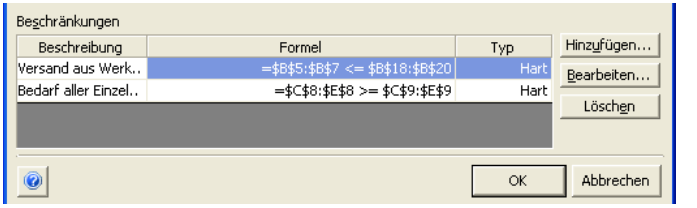
- **Arithmetisches Crossover –** Dieser Operator erzeugt neue Nachwuchslösungen, und zwar durch arithmetisches Kombinieren der beiden Vorgängerlösungen. Diese Methode kann anstelle des Genenaustauschs verwendet werden.
- **Heuristisches Crossover –** Dieser Operator verwendet die durch die beiden Vorgängerlösungen erzeugten Werte, um zu bestimmen, wie die Nachwuchslösung generiert wird. Durch diesen Operator wird in der aussichtsreichsten Richtung gesucht und auch lokal fein abgestimmt.
- **Cauchy-Mutation –** Dieser Operator ist dafür konzipiert, hauptsächlich kleine Änderungen in Variablen zu erzeugen, kann aber mitunter auch für große Änderungen eingesetzt werden.
- **Begrenzungsmutation –** Dieser Operator ist dazu geeignet, auf schnelle Weise Variablen zu optimieren, die sich auf monotone Art auf das Ergebnis auswirken und auf die Bereichsbegrenzung eingestellt werden können, ohne gegen die Beschränkungen zu verstoßen.
- **Ungleichförmige Mutation –** Dieser Operator erzeugt bei zunehmender Anzahl von berechneten Versuchen immer kleiner werdende Mutationen. Das ermöglicht Evolver, die Antworten fein abzustimmen.
- **Linear –** Diese Operatoren sind dazu da, Probleme zu lösen, bei denen die optimale Lösung an der durch die Beschränkungen definierten Grenze liegt. Dieses Mutations- und Crossover-Operatorpaar ist gut für das Lösen von linearen Optimierungsproblemen geeignet.
- **Lokale Suche –** Dieser Operator durchsucht den Lösungsraum in der Nähe einer vorherigen Lösung. Dabei wird die Suche in Verbesserung versprechenden Richtungen erweitert und in Verschlechterung versprechenden Richtungen eingeengt.

Je nach Art des Optimierungsproblems können evtl. durch verschiedene Kombinationen von Mutations- und Crossover-Operatoren die besten Ergebnisse erzielt werden. Auf der Registerkarte *Operatoren* des Dialogfelds *Einstellungen für anpassbare Zellgruppen* können bei Verwendung der Lösungsmethode *Formulierung* beliebig viele Operatoren ausgewählt werden, Bei Auswahl mehrerer Operatoren prüft Evolver alle sich daraus ergebenden gültigen Kombinationen, um für Ihr Modell die beste Kombination zu identifizieren. Nach Ausführung des Modells werden die einzelnen ausgewählten Operatoren in der Optimierungsübersicht nach Performance rangmäßig eingestuft. Bei nachfolgenden Ausführungen desselben Modells können dann evtl. schnellere und bessere Optimierungen erreicht werden, indem Sie ausschließlich die in der Optimierungsübersicht zu sehenden leistungsstärksten Operatoren auswählen.

HINWEIS: Beim Erstellen mehrerer Gruppen von anpassbaren Zellen bitte sicherstellen, dass sich keine Kalkulationstabellenzelle in mehreren unterschiedlichen Gruppen befindet. Jede Gruppe anpassbarer Zellen sollte nur eindeutige anpassbare Zellen enthalten, so sonst die Werte der ersten Gruppe ignoriert und durch die Werte der zweiten Gruppe überschrieben werden. Wenn Sie meinen, dass ein Problem am besten durch mehrere Lösungsmethoden darzustellen ist, sollten Sie die Variablen möglichst in mehrere Gruppen aufteilen.

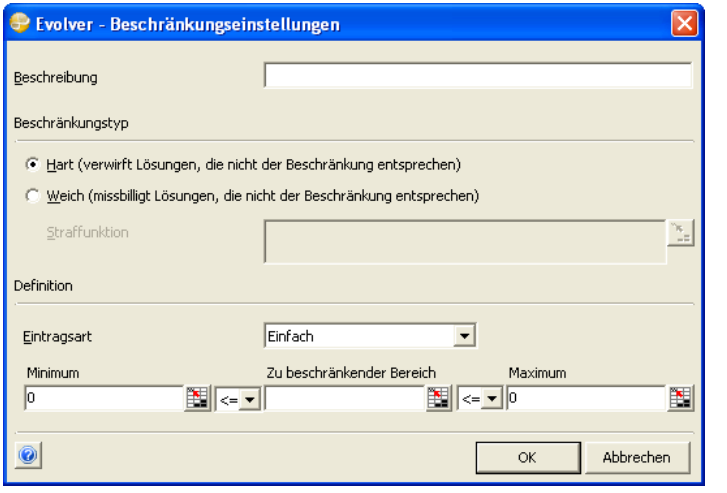
Beschränkungen

Evolver ermöglicht Ihnen, Beschränkungen oder Bedingungen einzugeben, die eingehalten werden müssen, um eine gültige Lösung zu generieren. Im Dialogfeld **Modelldefinition** werden die eingegebenen Beschränkungen in der Beschränkungstabelle angezeigt.



Schaltfläche Hinzufügen – Hinzufügen von Beschränkungen

Durch Klicken auf die Schaltfläche *Hinzufügen* neben der Beschränkungstabelle kann das Dialogfeld **Beschränkungseinstellungen** angezeigt werden, in das die Beschränkungen eingegeben werden. Über dieses Dialogfeld kann der gewünschte Beschränkungstyp sowie auch die entsprechende Beschreibung, Definition und Auswertungszeit angegeben werden.



Beschränkungs-typ

In Evolver können zwei Arten von Beschränkungen angegeben werden:

- **Hart –** dies sind Bedingungen, die eingehalten werden müssen, um eine gültige Lösung zu erhalten (bei einer harten Beschränkung könnte es sich z. B. um C10<=A4 handeln, in welchem Fall die Lösung verworfen werden würde, wenn durch sie für C10 ein Wert generiert wird, der größer ist als der Wert in Zelle A4).
- **Weich–** dies sind Bedingungen, die so gut wie möglich eingehalten werden sollten, aber kompromittiert werden können, um ein erheblich besseres Fitness- oder Zielzellenergebnis zu erhalten (bei einer weichen Beschränkung könnte es sich z. B. um C10<100 handeln, aber C10 könnte auch größer als 100 sein, in welchem Fall der berechnete Zielzellenwert jedoch reduziert werden würde, und zwar auf Basis der eingegebenen Strafklausel).

Einfache und Formel-beschränkungen

Zwei Formate – *Einfach* und *Formel* – können zur Eingabe von Beschränkungen verwendet werden. Die Art der Informationen, die in Bezug auf eine Beschränkung eingegeben werden können, hängt von dem ausgewählten Format ab.

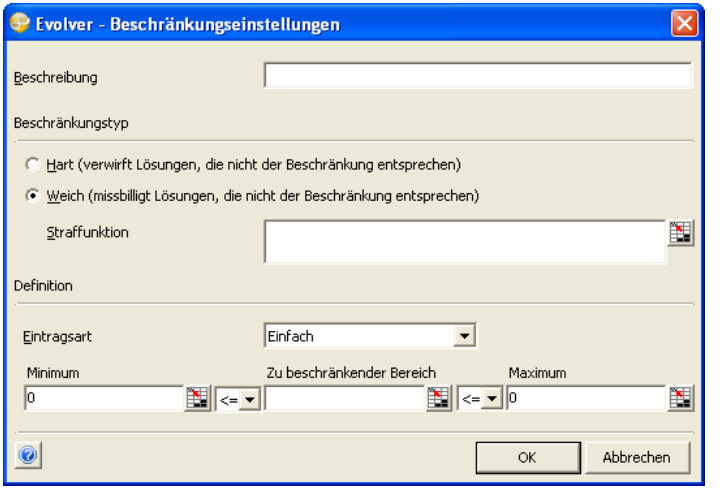
- **Einfaches Format –** Bei diesem Format können Beschränkungen mittels einfacher Vergleiche (z. B. <, <=, >, >= oder =) eingegeben werden, wobei eine Zelle mit einer eingegebenen Zahl verglichen wird. Eine typische einfache Beschränkung wäre z. B.:

  0<Value of A1<10,

  wobei A1 in das Feld *Zellbereich*, 0 in das Feld *Min.* und 10 in das Feld *Max.* eingegeben wird. Der gewünschte Operator wird dann in den Dropdown-Listenfeldern ausgewählt. Bei diesem Beschränkungsformat kann entweder ein Minimalwert oder ein Maximalwert oder auch beides eingegeben werden. Der eingegebene Minimal- und Maximalwert muss numerisch sein und im einfachen Wertebereichs-Beschränkungsformat eingegeben werden.
- **Formelformat –** Dieses Format macht es dagegen möglich, irgendeine gültige Excel-Formel (z. B. A19<(1.2*E7)+E8) als Beschränkung einzugeben. Durch Evolver wird im Falle einer Formelbeschränkung auch geprüft, ob die eingegebene Formel dem Wert WAHR oder FALSCH entspricht (d. h. ob die Beschränkung eingehalten wurde).

Weiche Beschränkungen

Weiche Beschränkungen sind Bedingungen, die so gut wie möglich eingehalten werden sollten, die aber kompromittiert werden können, um ein erheblich besseres Fitness- oder Zielzellenergebnis zu erhalten. Bei Nichteinhaltung einer weichen Beschränkung wird dadurch das Zielzellenergebnis geändert, d. h. es wird weiter vom Optimalwert entfernt. Wie groß diese Änderung ist, wird durch eine Strafklausel berechnet, die bei Angabe der weichen Beschränkung mit eingegeben wird.

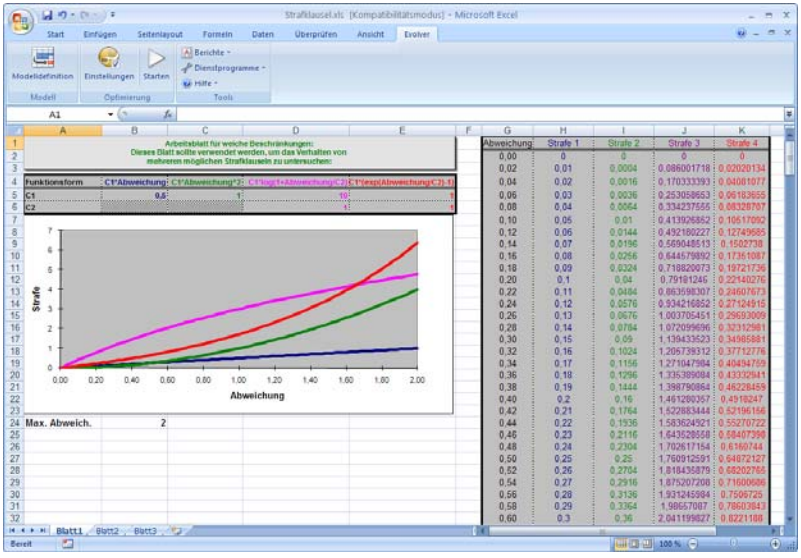


Hier sind weitere Informationen zu den Strafklauseln:

- **Eingabe einer Strafklausel.** Evolver arbeitet mit einer Standardstrafklausel, die beim ersten Eingeben einer weichen Beschränkung angezeigt wird. Es kann jedoch auch irgendeine gültige Excel-Format eingegeben werden, um die Strafpunkte zu berechnen, die bei Nichteinhaltung der weichen Beschränkung angewendet werden sollen. Die eingegebene Strafklausel sollte das Schlüsselwort ***deviation*** (Abweichung) enthalten, durch das dargestellt wird, wie viel die Beschränkung überschritten wurde. Am Ende jeder Simulation einer Probelösung wird durch Evolver geprüft, ob die weiche Beschränkung eingehalten wurde. Ist das nicht der Fall, wird die Höhe der Abweichung in die Strafformel eingegeben und dann berechnet, wie viele Strafpunkte auf die Zielzellenstatistik anzuwenden sind.

  Diese Strafpunkte werden anschließend der berechneten Statistik entweder hinzugefügt oder davon abgezogen, um diese weniger „optimal“ zu machen. Wenn beispielsweise im Dialogfeld **Evolver – Modell** im Feld *Optimierungsziel* die Option *Maximum* ausgewählt wurde, werden die Strafpunkte von der berechneten Zielzellenstatistik abgezogen.

- **Anzeige der Auswirkungen einer eingegebenen Strafklausel.** Evolver enthält das Excel-Arbeitsblatt Strafklausel.xls, das dazu verwendet werden kann, die Auswirkungen verschiedener Strafklauseln auf bestimmte weiche Beschränkungen und Zielzellenergebnisse auszuwerten.



Strafklausel.xls ermöglicht Ihnen, in Ihrem Modell eine weiche Beschränkung auszuwählen, deren Auswirkungen Sie analysieren möchten. Die Strafklausel kann dann geändert werden, um zu sehen, wie dadurch aus einem bestimmten Beschränkungs-Nichteinhaltungswert ein spezieller Zielstrafwert entsteht. Wenn die weiche Beschränkung z. B. A10<100 ist, kann Strafklausel.xls verwendet werden, um festzustellen, was der Zielwert sein würde, wenn ein Wert von 105 für Zelle A10 berechnet werden würde.

- **Anzeige der angewendeten Strafpunktwerte.** Wenn die Strafpunkte wegen einer nicht eingehaltenen weichen Beschränkung auf die Zielzelle angewendet werden, sind diese Strafpunkte im Evolver-Überwachungsprogramm zu sehen. Auch werden die Strafpunktwerte in den Arbeitsblättern des Optimierungsprotokolls angezeigt, die nach der Optimierung erstellt werden können.

HINWEIS: Wenn Sie über das Dialogfeld **Stop** *mithilfe der Optionen unter* **Anpassbare Zellwerte aktualisieren** *eine Lösung in Ihrem Arbeitsblatt platzieren, enthält das in der Kalkulationstabelle gezeigte berechnete Zielzellenergebnis keine Strafpunktwerte, die wegen nicht eingehaltener weicher Beschränkungen auferlegt wurden. Das die Strafpunktwerte enthaltende Zielzellenergebnis und die Anzahl der Strafpunkte, die wegen der einzelnen nicht eingehaltenen weichen Beschränkungen auferlegt wurde, sind in Evolver nur im Arbeitsblatt* **Optimierungsprotokoll** *zu sehen.*

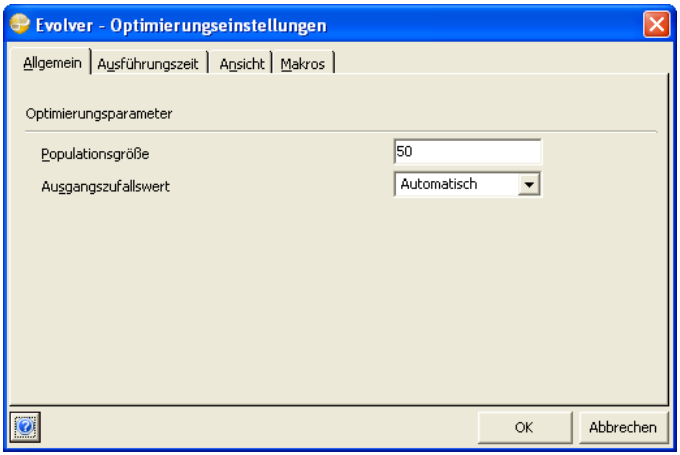
- **Implementierung von weichen Beschränkungen in Arbeitsblattformeln.** Strafklauseln können im Arbeitsblatt direkt in den Formeln implementiert werden. Wenn weiche Beschränkungen im Arbeitsblatt implementiert werden, sollten sie in Evolver nicht in das Hauptdialogfeld eingegeben werden. Weitere Informationen über das Implementieren von Strafklauseln im Arbeitsblatt sind im Abschnitt *Weiche Beschränkungen* in Kapitel 9: Evolver-Extras zu finden.

Befehl Optimierungseinstellungen

Befehl Optimierungseinstellungen – Registerkarte Allgemein

Definiert die allgemeinen Einstellungen für eine Optimierung

Auf der Registerkarte **Allgemein** des Dialogfelds **Optimierungseinstellungen** werden die Einstellungen für Populationsgröße und Ausgangszufallswert angezeigt.



Auf der Registerkarte **Allgemein** sind unter **Optimierungsparameter** u. a. folgende Optionen verfügbar:

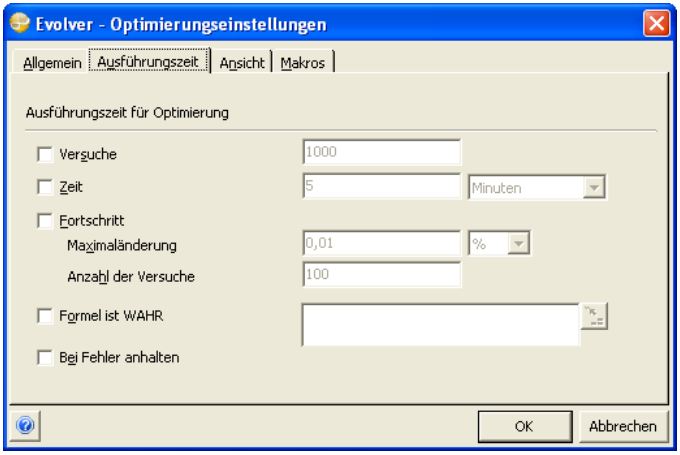
- **Populationsgröße.** Durch **Populationsgröße** wird in Evolver angegeben, wie viele Organismen (oder vollständige Variablensätze) jeweils gespeichert werden sollen. Obwohl noch viel debattiert und untersucht wird, um die optimale Populationsgröße zur Verwendung bei verschiedenen Problemen herauszufinden, wird allgemein empfohlen, je nach Ausmaß des Problems 30 bis 100 Organismen in der Population zu verwenden (d. h. größere Populationen für größere Probleme). Bei einer größeren Population wird wahrscheinlich länger für ein Problem gebraucht, aber dafür auch wegen des dann größeren „Genepools“ evtl, eher eine Globalantwort auf das Problem gefunden.

- **Ausgangszufallswert.** Diese Option ermöglicht Ihnen, den in Evolver verwendeten Ausgangswert für die Zufallswertfolge einzustellen. Bei Verwendung desselben Ausgangswerts werden durch eine Optimierung genau dieselben Antworten für dasselbe Modell erstellt, sofern dieses nicht irgendwie geändert wurden. Der Ausgangswert muss eine Ganzzahl sein und im Bereich von 1 bis 2147483647 liegen.

Befehl Optimierungseinstellungen – Registerkarte Ausführungszeit

Definiert die Ausführungszeiteinstellungen für eine Optimierung

Auf der Registerkarte **Ausführungszeit** des Dialogfelds **Optimierungseinstellungen** werden die Evolver-Einstellungen angezeigt, durch die Ausführungszeit für die Optimierung festgelegt wird. Durch diese Anhaltebedingungen wird angegeben, wie und wann Evolver während einer Optimierung angehalten wird. Sobald Sie den Befehl **Optimierung starten** wählen, wird Evolver fortlaufend ausgeführt, um durch die fortgesetzten Simulationen bessere Lösungen zu finden, bis den ausgewählten Anhaltekriterien entsprochen wird. Sie können jede beliebige Anzahl von diesen Bedingungen aktivieren oder auch überhaupt keine, falls Evolver so lange ausgeführt werden soll, bis Sie das Programm anhalten. Sofern mehrere Bedingungen aktiviert sind, wird Evolver angehalten, sobald einer dieser ausgewählten Bedingungen entsprochen wird. Sie können diese Auswahlen auch außer Kraft setzen und Evolver jederzeit manuell anhalten, indem Sie im Evolver-Überwachungsprogramm oder im Fenster **Fortschritt** auf die Schaltfläche **Stop** klicken.



Optionen für Optimierungs-ausführungszeit

Optionen für **Optimierungsausführungszeit** auf der Registerkarte **Ausführungszeit**:

- **Versuche** – Wenn diese Option eingestellt ist, kann Evolver angehalten werden, sobald die angegebene Anzahl von Versuchslösungen durch das Programm erstellt wurde.

  Die Einstellung **Versuche** ist besonders nützlich, wenn verglichen werden soll, wie effizient Evolver bei Verwendung verschiedener Modellierungsmethoden arbeitet. Evolver kann durch Änderung der Modellierung eines Problems oder durch Auswahl einer anderen Lösungsmethode u. U. effizienter gemacht werden. Wenn über ein Modell eine bestimmte Anzahl von Simulationen ausgeführt wird, ist dadurch zu erkennen, wie effizient Evolver beim Konvergieren auf eine Lösung arbeitet, und zwar ungeachtet jeglicher Differenzen in der Anzahl der ausgewählten Variablen, in der Geschwindigkeit der verwendeten Hardware oder in der Bildschirmaktualisierungszeit. Ferner ist in Evolver die Optimierungs-Arbeitsblattübersicht recht praktisch, um zwischen den Ausführungen die Ergebnisse zu vergleichen. Weitere Informationen zur Optimierungs-Arbeitsblattübersicht sind in diesem Kapitel unter **Evolver-Überwachungsprogramm**, Abschnitt **Anhalteoptionen**, zu finden.

- **Zeit –** Diese Option ermöglicht Ihnen, Evolver so einzustellen, dass nach einer bestimmten Anzahl von Stunden, Minuten oder Sekunden keine Szenarien mehr simuliert werden. Für diesen Eintrag kann jede beliebige positive Realzahl (z. B. 600, 5,2 usw.) verwendet werden.

- **Fortschritt** – Über diese Option kann Evolver so eingestellt werden, dass keine Szenarien mehr simuliert werden, wenn der Fortschritt in der Zielzelle auf weniger als den angegebenen Wert zurückgefallen ist (Änderungskriterium). Als Ganzzahl kann die Anzahl der Simulationen angegeben werden, nach denen der noch verbleibende Fortschritt überprüft werden soll. Im Feld *Maximale Änderung* kann ein Prozentsatz (z. B. 1%) als maximaler Änderungswert eingegeben werden.

Angenommen, Sie versuchen den Mittelwert der Zielzelle zu maximieren und nach 500 Simulierungen ist die bis dahin beste Antwort 354,8. Falls die Option *Fortschritt* die einzige ausgewählte Anhaltebedingung ist, wird Evolver bei Simulation Nr. 600 pausieren und nur dann weiter simulieren, wenn eine Antwort von 354,9 oder höher während der letzten 100 Simulierungen gefunden werden konnte. Mit anderen Worten, wenn bei den von Evolver gegebenen Antworten während der letzten 100 Simulationen nicht mindestens ein Fortschritt (d. h. ein Verbesserung) von 0,1 zu verzeichnen ist, wird angenommen, dass kaum noch eine Verbesserung zu erwarten ist, und die Suche daher beendet. Bei komplizierteren Problemen sollten Sie vielleicht die Anzahl der Simulationen höher als 500 einstellen, bevor dann bestimmt wird, ob noch genügend Verbesserungen generiert werden, um fortzufahren.

Dies ist die beliebteste Anhaltebedingung, da sie dem Benutzer auf wirksame Weise ermöglicht, Evolver anzuhalten, sobald nicht mehr viele weitere Verbesserungen durch Evolver generiert werden. Falls Sie sich die Diagramme der besten Ergebnisse auf der Registerkarte **Fortschritt** des Evolver-Überwachungsprogramm ansehen, werden Sie feststellen, dass die Fortschrittskurve in den Diagrammen langsam verflacht, bevor Evolver dann angehalten wird. *Fortschritt* ermöglicht Ihnen praktisch, automatisch das vorzunehmen, was Sie auch manuell ausführen könnten, nämlich das Programm so lange auszuführen, bis kaum noch Verbesserungen generiert werden.

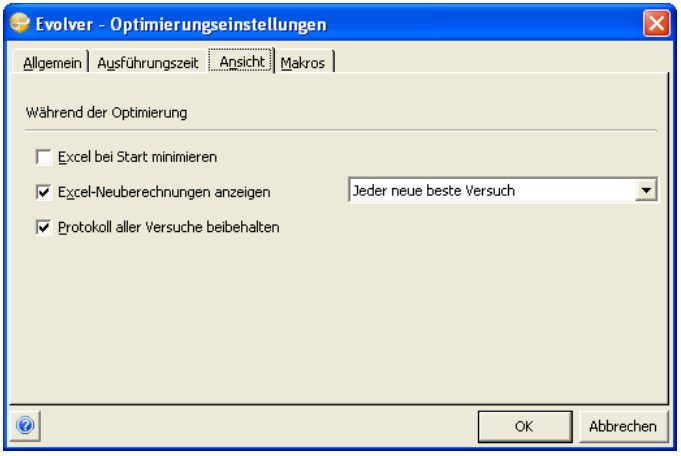
- **Formel ist WAHR.** Bei dieser Anhaltebedingung wird die Optimierung angehalten, sobald die eingegebene (oder bezogene) Excel-Formel dem Wert WAHR entspricht.
- **Bei Fehler anhalten.** Diese Anhaltebedingung lässt die Optimierung anhalten, sobald ein fehlerhafter Wert für die Zielzelle berechnet wird.

HINWEIS: Wenn keine Anhaltebedingungen ausgewählt werden, wird Evolver so lange ausgeführt, bis Sie im Fenster* Evolver-Überwachungsprogramm *auf* STOP *drücken.

Befehl Optimierungseinstellungen – Registerkarte Ansicht

Definiert die Ansichtseinstellungen für eine Optimierung

Auf der Registerkarte **Ansicht** des Dialogfelds **Optimierungseinstellungen** werden in Evolver die Einstellungen angezeigt, durch die festgelegt wird, was während einer Optimierung zu sehen ist.



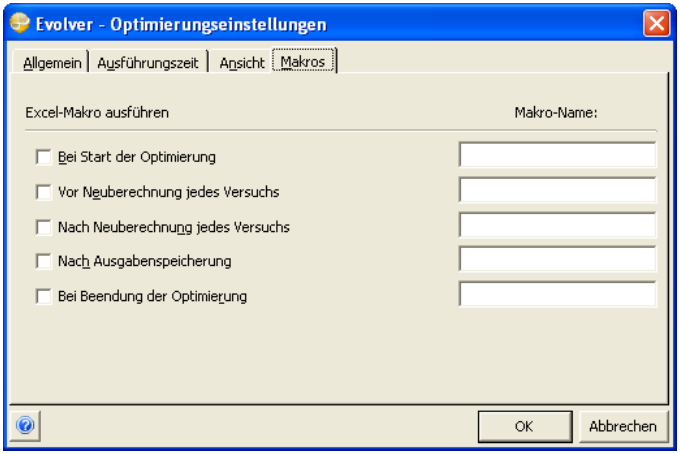
Es stehen folgende Optionen zur Verfügung:

- **Excel bei Start minimieren**. Durch diese Option wird Excel bei Start einer Optimierung minimiert.
- **Excel-Neuberechnungen anzeigen**. Hierdurch wird festgelegt, Excel entweder **bei jedem neuen besten Versuch** oder am **Ende jedes Versuchs** zu aktualisieren.
- **Protokoll aller Versuche beibehalten**. Durch diese Option wird angegeben, dass Evolver ein laufendes Protokoll jedes neuen Versuches beibehalten soll. Dieses Protokoll kann im Fenster **Evolver-Überwachungsprogramm** angezeigt werden.

Befehl Optimierungseinstellungen – Registerkarte Makros

Definiert die Makros, die während einer Optimierung ausgeführt werden sollen

Während einer Optimierung und während Simulation der einzelnen Probelösungen können zu verschiedenen Zeiten VBA-Makros ausgeführt werden. Dies ermöglicht die Entwicklung von benutzerdefinierten Berechnungen, die dann während der Optimierung aufgerufen werden.



Makros können zu folgenden Zeitpunkten während einer Optimierung ausgeführt werden:

- **Bei Start der Optimierung** – Makro wird nach Klicken auf das Symbol für **Starten** und vor Generierung der ersten Probelösung ausgeführt.
- **Vor Neuberechnung jedes Versuchs** – Makro wird vor Neuberechnung jedes vorzunehmenden Versuchs ausgeführt.
- **Nach Neuberechnung jedes Versuchs** – Makro wird nach Neuberechnung jedes vorzunehmenden Versuchs ausgeführt.
- **Nach Ausgabenspeicherung** – Makro wird nach jedem Versuch und nach Speicherung des Zielzellenwertes ausgeführt.
- **Bei Beendung der Optimierung** – Makro wird nach Beendung der Optimierung ausgeführt.

Durch diese Funktion können Berechnungen, die nur durch ein Makro vorgenommen werden können, während einer Optimierung ausgeführt werden. Iterative Schleifenberechnungen und Berechnungen, die neue Daten aus externen Quellen erfordern, sind Beispiele solcher Berechnungen, die Makros erfordern.

Der auszuführende Makro wird durch den **Makro-Namen** definiert.

Befehl Optimierung starten

Startet eine Optimierung

Über diesen Befehl oder durch Klicken auf das Symbol für **Optimierung starten** kann eine Optimierung des aktiven Modells und der aktiven Arbeitsmappe gestartet werden. Sobald RISKOptimizer startet, wird das Fenster **Evolver-Fortschritt** angezeigt.

In diesem Fenster ist Folgendes zu sehen:

- **Versuch** oder die Gesamtanzahl der ausgeführten Versuche **(**die als **Gültige** bezeichnete Anzahl der Versuche sind die Versuche, für die alle Beschränkungen eingehalten wurden).
- **Ausführungszeit** oder wie lange die Ausführung gedauert hat.
- **Original** weist auf den Originalwert der Zielzelle hin.
- **Beste** bedeutet, das dies der derzeit beste Wert für die Zielzelle ist, die minimiert oder maximiert werden soll.

Im Fenster **Evolver-Fortschritt** sind in der Evolver-Symbolleiste folgende Optionen verfügbar:

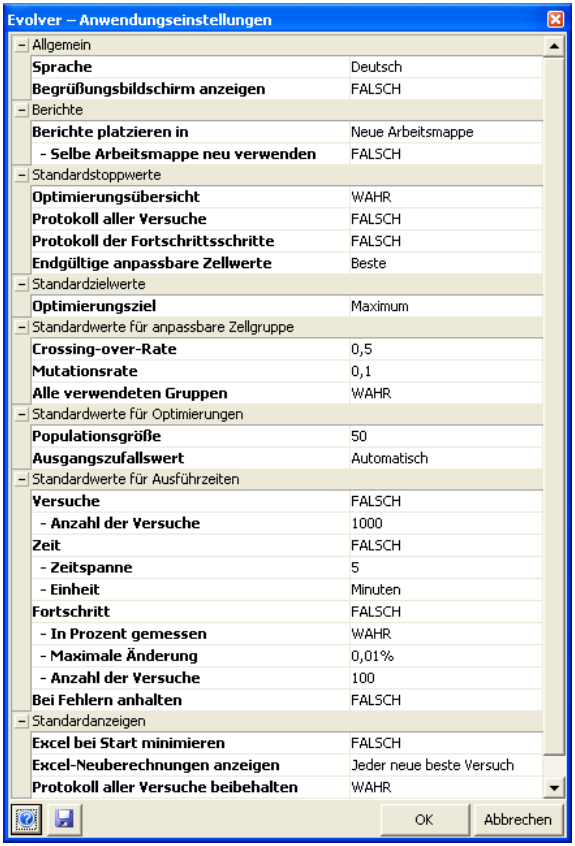
- **Excel-Aktualisierungsoptionen anzeigen**. Zeigt die Optionen an, über die die Excel-Anzeige **Jeder Versuch**, **Jeder neue beste Versuch** oder **Niemals** aktualisiert werden kann. In einigen Situationen wird der Bildschirm allerdings ganz unabhängig von diesen Einstellungen aktualisiert, z. B. wenn die Optimierung irgendwie angehalten wurde.
- **Evolver-Überwachungsprogramm anzeigen**. Zeigt das vollständige Fenster **Evolver-Überwachungsprogramm** an.
- **Ausführen**. Bei Klicken auf dieses Symbol beginnt Evolver mit der Suche nach einer Lösung, und zwar auf Basis der aktuellen Beschreibung im Dialogfeld **Evolver – Modell**. Wenn Sie Evolver pausieren lassen, können Sie trotzdem noch auf das Symbol für **Ausführen** klicken, um die Suche nach besseren Lösungen fortzusetzen.
- **Pausieren**. Falls Sie den Evolver-Prozess pausieren lassen möchten, brauchen Sie nur auf das Symbol für **Pausieren** klicken, um den Evolver-Prozess vorübergehend zu „fixieren". Während des Pausierens möchten Sie vielleicht das Evolver-Überwachungsprogramm öffnen und erkunden sowie Parameter ändern, die gesamte Population begutachten, einen Statusbericht anzeigen oder ein Diagramm kopieren.
- **Stop**. Hält die Optimierung an.

Befehle im Menü Dienstprogramme

Befehl Anwendungseinstellungen

Zeigt das Dialogfeld *Anwendungseinstellungen* an, in dem Programmstandardwerte festgelegt werden können

Es kann eine Vielzahl von Evolver-Einstellungen auf Standardwerte festgelegt werden, die dann bei jeder Ausführung von Evolver automatisch verwendet werden. Das schließt u. a. standardmäßige Anhalte-, Crossover- und Mutationsraten-Einstellungen mit ein.

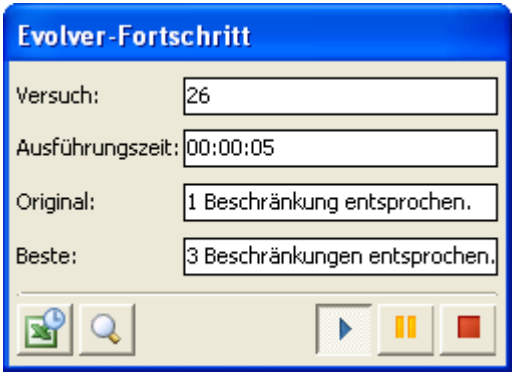


Befehl Beschränkungs-Solver

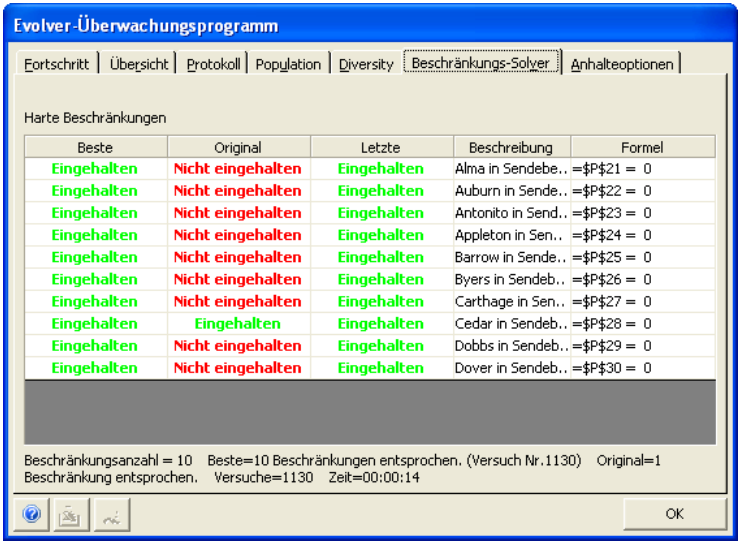
Führt den Beschränkungs-Solver aus

Durch den Befehl **Beschränkungs-Solver** kann das Evolver-Programm besser mit den Modell-Beschränkungen fertig werden. Wenn Evolver eine Optimierung ausführt, wird angenommen, dass die ursprünglichen anpassbaren Zellenwerte allen harten Beschränkungen entsprechen, d.h., dass die Originallösung gültig ist. Wenn das nicht der Fall ist, führt der Algorithmus u.U. sehr viele Simulierungen aus, bevor die erste gültige Lösung gefunden wird. Wenn das Modell jedoch mehrere Beschränkungen enthält, ist vielleicht nicht sofort zu sehen, welche anpassbaren Zellwerte mit allen Beschränkungen konform gehen.

Wenn im Evolver-Modell mehrere harte Beschränkungen vorhanden sind und bei den Optimierungen alle Lösungen als ungültig angezeigt werden, erhalten Sie eine entsprechende Meldung, sodass dann der Beschränkungs-Solver ausgeführt werden kann. Der Beschränkungs-Solver führt die Optimierung in einem speziellen Modus aus, um nach einer Lösung zu suchen, die allen harten Beschränkungen entspricht. Der Optimierungsvorgang wird dem Benutzer auf gleiche Weise gezeigt, wie das bei normalen Optimierungen der Fall ist. Das Fenster **Evolver-Fortschritt** zeigt die Anzahl der Beschränkungen, die bei der Originallösung und der besten Lösung eingehalten werden.



Das Fenster **Evolver-Fortschirtt** enthält eine Schaltfläche, über die der Benutzer zum **Evolver-Überwachungsprogramm** umschalten kann. Im Modus Beschränkungs-Solver sind die Einzelheiten des Fortschritts während de Optimierung genauso verfügbar wie bei Optimierungen im normalen Modus, und zwar auf den Registerkarten **Fortschritt, Übersicht**, **Protokoll, Population** und **Diversity**. Im Modus **Beschränkungs-Solver** enthalt das Überwachungsprogramm die zusätzliche Registerkarte **Beschränkungs-Solver**. Auf dieser Registerkarte ist der Status der einzelnen harten Beschränkungen (in Form von **Eingehalten** oder **Nicht eingehalten**) für die beste, letzte und Originallösung zu sehen.


Evolver-Überwachungsprogramm
Fortschritt
Übersicht
Protokoll
Population
Diversity
Beschränkungs-Solver
Anhalteoptionen
Harte Beschränkungen
Beste | Original | Letzte | Beschreibung | Formel
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Alma in Sendebe.. | =$P$21 = 0
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Auburn in Sende.. | =$P$22 = 0
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Antonito in Send.. | =$P$23 = 0
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Appleton in Sen.. | =$P$24 = 0
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Barrow in Sende.. | =$P$25 = 0
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Byers in Sendeb.. | =$P$26 = 0
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Carthage in Sen.. | =$P$27 = 0
Eingehalten | Eingehalten | Eingehalten | Cedar in Sendeb.. | =$P$28 = 0
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Dobbs in Sendeb.. | =$P$29 = 0
Eingehalten | Nicht eingehalten | Eingehalten | Dover in Sendeb.. | =$P$30 = 0
Beschränkungsanzahl = 10 Beste=10 Beschränkungen entsprochen. (Versuch Nr.1130) Original=1
Beschränkung entsprochen. Versuche=1130 Zeit=00:00:14
OK

Eine über den Beschränkungs-Solver vorgenommene Optimierung wird automatisch angehalten, sobald eine Lösung gefunden wird, die allen harten Beschränkungen entspricht. Die Optimierung kann aber auch durch Klicken auf eine dafür vorgesehen Schaltfläche im Fenster **Evolver-Fortschirtt** oder im Evolver-Überwachungsprogramm angehalten werden. Nachdem der Beschränkungs-Solver ausgeführt wurde, können Sie im Evolver-Überwachungsprogramm auf der Registerkarte **Anhalteoptionen** die beste, letzte oder Originallösung wählen, genauso wie das bei Optimierungen im normalen Modus möglich ist.

Es ist nicht erforderlich, den Beschränkungs-Solver vor Ausführung entsprechend einzurichten. Der Solver verwendet die im Modell angegebenen Einstellungen und ändert nur das Optimierungsziel. Das neue Optimierungsziel ist dann, eine Lösung zu finden, die mit allen harten Beschränkungen konform geht.

Evolver-Überwachungsprogramm

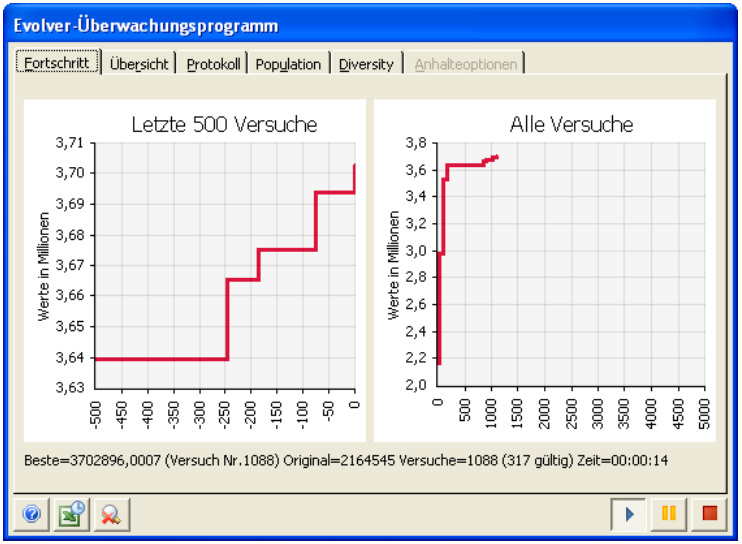
Wenn Sie im Fenster **Evolver-Fortschritt** auf das Lupensymbol klicken, wird das Evolver-Überwachungsprogramm angezeigt. Dieses Programm reguliert und berichtet über sämtliche Evolver-Aktivitäten.

Vom Überwachungsprogramm aus können Sie Parameter ändern und auch den Fortschritt der Optimierung analysieren. Ferner haben Sie die Möglichkeit, unten im Evolver-Überwachungsprogramm in der Statusleiste Echtzeit-Informationen über das Problem sowie auch Informationen über den Fortschritt in Evolver anzeigen zu lassen.

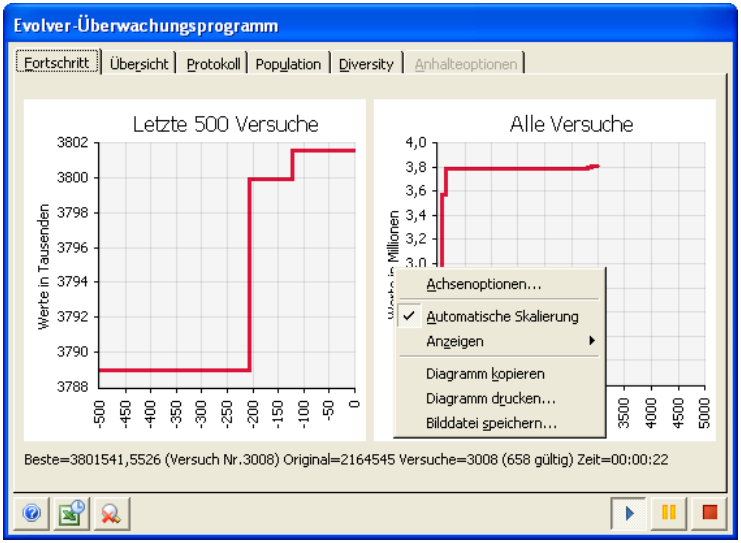
Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Fortschritt

Zeigt die Fortschrittsdiagramme für den Zielzellenwert an

Über die Registerkarte **Fortschritt** kann in Evolver grafisch dargestellt werden, wie sich die Ergebnisse für die ausgewählte Zielzelle mit jeder Simulation ändern.

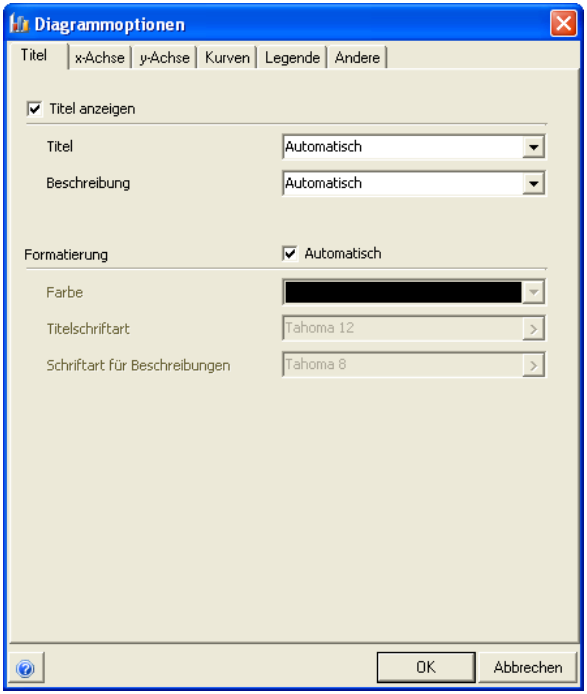


In den Fortschrittsdiagrammen ist die Anzahl der ausgeführten Simulationen auf der x-Achse und der Zielzellenwert auf der y-Achse zu sehen. Fortschrittsdiagramme können neu skaliert werden, indem Sie auf die Achsenbegrenzungen klicken und die Achse auf den neuen Skalierungswert ziehen. Sie können aber auch mit der rechten Maustaste auf das Diagramm **Fortschritt** klicken, um das Dialogfeld **Diagrammoptionen** anzeigen zu lassen, in dem es möglich ist, die Diagramme noch weiter anzupassen.



Dialogfeld Diagramm-optionen

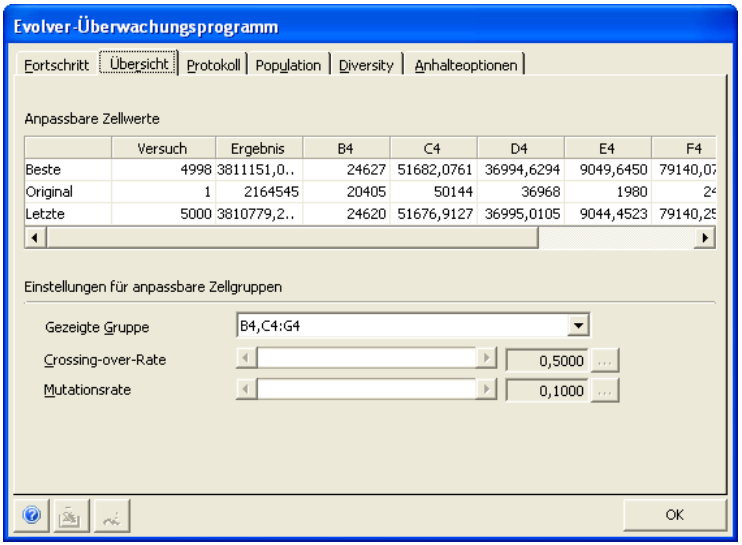
Im Dialogfeld **Diagrammoptionen** sind die Einstellungen zu sehen, die im angezeigten Diagramm für Titel, Legenden, Skalierung und Schriftart zuständig sind.



Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Übersicht

Zeigt Einzelheiten der anpassbaren Zellwerte an

Im Evolver-Überwachungsprogramm kann über die Registerkarte **Übersicht** eine Übersichtstabelle der während der Optimierung getesteten anpassbaren Zellwerte angezeigt werden, und zwar zusammen mit Tools zur Anpassung der Crossing-over- und Mutationsrate für die einzelnen anpassbaren Zellgruppen im Modell.



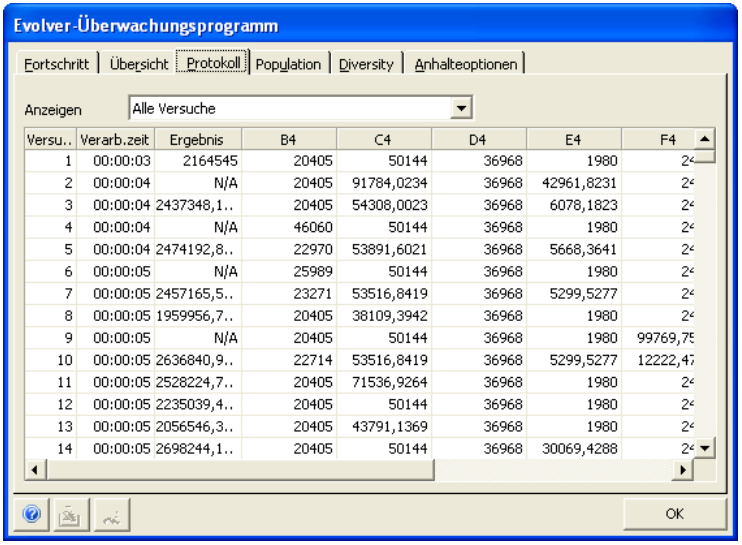
Die Einstellungen für anpassbare Zellgruppen ermöglichen Ihnen, die Crossing-over- und die Mutationsrate des gentechnischen Algorithmus zu ändern, während am Problem gearbeitet wird. Alle hier vorgenommenen Änderungen setzen die ursprünglichen Einstellungen dieser Parameter außer Kraft und wirken sich sofort auf die Population (oder auf die Gruppe von angepassten Zellen) aus, die im Feld **Gezeigte Gruppe** ausgewählt wurde.

Es ist fast immer zu empfehlen, die standardmäßige Crossing-over-Rate von 0,5 zu verwenden. Für Mutation kann die Rate in vielen Modellen so hoch wie 0,4 eingestellt werden, wenn Sie nach der besten Lösung suchen und bereit sind, etwas länger darauf zu warten. Wenn die Mutationsrate auf das Maximum von 1 eingestellt wird, ergibt das reine Zufallswerte, da Evolver die Mutation nach dem Crossover ausführt. Das bedeutet, dass nachdem aus der Kreuzung der beiden Vorgängerlösungen eine Nachfolgelösung entstanden ist, 100% der „Genen" dieser Lösung reine Zufallswerte generieren und dadurch das Crossover vollkommen bedeutungslos wird (weitere Informationen hierüber sind im Index unter **Crossing-over-Rate, Zweck** und **Mutationsrate, Zweck** zu finden).

Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Protokoll

Zeigt während der Optimierung ein Protokoll über die einzelnen Simulationen an

Über die Registerkarte **Protokoll** kann im Evolver-Überwachungsprogramm während der Optimierung eine Übersichtstabelle über die einzelnen Simulationen angezeigt werden. In diesem Protokoll sind die Ergebnisse für die Zielzelle, die einzelnen anpassbaren Zellen und für die eingegebenen Beschränkungen zu finden. Dieses Protokoll ist nur verfügbar, wenn auf der Registerkarte **Ansicht** des Dialogfelds **Optimierungseinstellungen** die Option **Protokoll aller Versuche beibehalten** aktiviert wurde.



Versu..	Verarb.zeit	Ergebnis	B4	C4	D4	E4	F4
1	00:00:03	2164545	20405	50144	36968	1980	2
2	00:00:04	N/A	20405	91784,0234	36968	42961,8231	2
3	00:00:04	2437348,1..	20405	54308,0023	36968	6078,1823	2
4	00:00:04	N/A	46060	50144	36968	1980	2
5	00:00:04	2474192,8..	22970	53891,6021	36968	5668,3641	2
6	00:00:05	N/A	25989	50144	36968	1980	2
7	00:00:05	2457165,5..	23271	53516,8419	36968	5299,5277	2
8	00:00:05	1959956,7..	20405	38109,3942	36968	1980	2
9	00:00:05	N/A	20405	50144	36968	1980	99769,75
10	00:00:05	2636840,9..	22714	53516,8419	36968	5299,5277	12222,47
11	00:00:05	2528224,7..	20405	71536,9264	36968	1980	2
12	00:00:05	2235039,4..	20405	50144	36968	1980	2
13	00:00:05	2056546,3..	20405	43791,1369	36968	1980	2
14	00:00:05	2698244,1..	20405	50144	36968	30069,4288	2

Durch die Optionen unter **Anzeigen** kann ausgewählt werden, ob ein Protokoll **aller Versuche** oder nur ein Protokoll der Versuche angezeigt werden soll, in denen ein **Fortschritt** erzielt wurde (d. h. bei denen sich das Optimierungsergebnis verbesserte). In diesem Protokoll ist Folgendes zu sehen:

1) **Verarbeitungszeit insgesamt,** d. h. die Zeit, die seit Beginn der Simulation verstrichen ist

2) **Iterat.,** d. h. die Anzahl der ausgeführten Iterationen

3) **Ergebnis,** d. h. der Wert der zu maximierenden oder minimierenden Zielzellenstatistik, einschließlich der Strafpunktwerte für nicht eingehaltene weiche Beschränkungen

4) **Ausgaben-Mittelw**., **Ausgaben-StdAbw**., **Ausgaben-Min**. und **Ausgaben-Max**., d. h. die Statistiken für die Wahrscheinlichkeitsverteilung der berechneten Zielzelle.

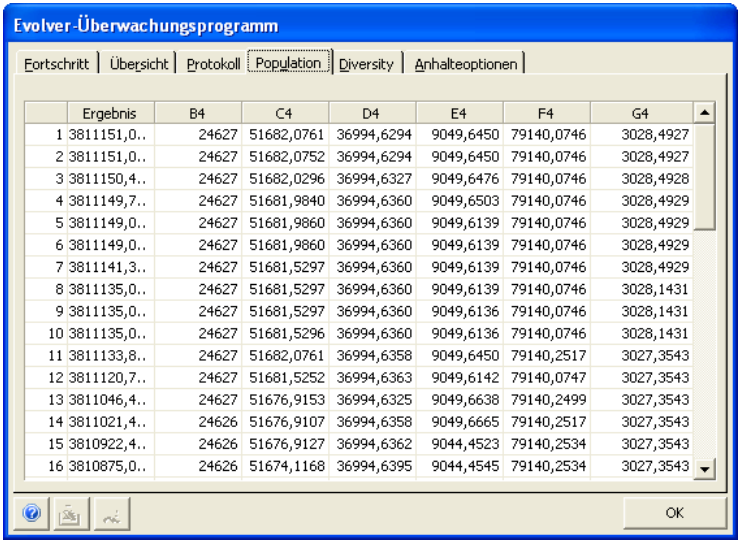
5) **Eingabespalten**, d. h. die für die angepassten Zellen verwendeten Werte

6) **Beschränkungsspalten**, d. h. Spalten, in denen angezeigt wird, ob die Beschränkungen eingehalten wurden

Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Population

Listet alle Variablen der einzelnen Organismen (d. h. jeder möglichen Lösung) in der aktuellen Population auf

Die Populationstabelle ist ein Raster, in dem alle Variablen für jeden Organismus (d. h. für jede mögliche Lösung) in der aktuellen Population aufgelistet werden. Diese Organismen (Org *n*) sind rangmäßig angeordnet, und zwar vom ungeeignetsten bis zum geeignetsten oder besten. Da in dieser Tabelle alle Organismen in der Population aufgelistet sind, wird durch die Einstellung **Populations-Größe** im Dialogfeld **Evolver-Einstellungen** festgelegt, wie viele Organismen hier zu sehen sind (standardmäßig sind es 50). Außerdem wird in der ersten Spalte der Tabelle der sich ergebende Zielzellenwert für jeden Organismus angezeigt.

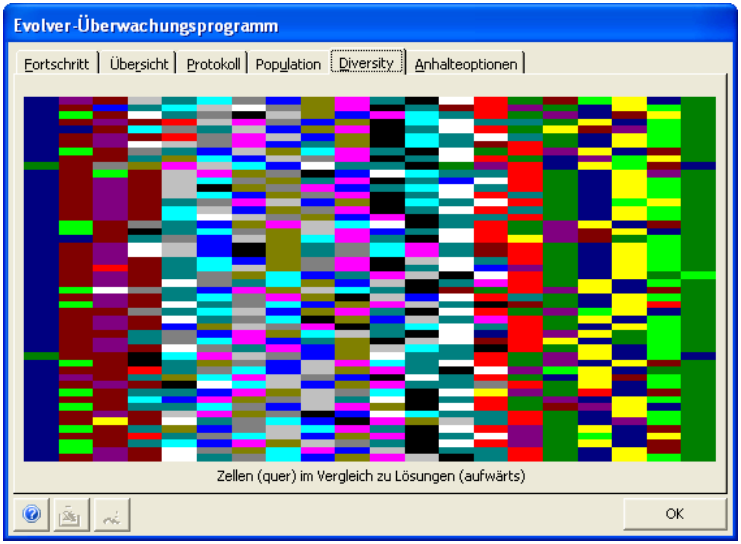


	Ergebnis	B4	C4	D4	E4	F4	G4
1	3811151,0..	24627	51682,0761	36994,6294	9049,6450	79140,0746	3028,4927
2	3811151,0..	24627	51682,0752	36994,6294	9049,6450	79140,0746	3028,4927
3	3811150,4..	24627	51682,0296	36994,6327	9049,6476	79140,0746	3028,4928
4	3811149,7..	24627	51681,9840	36994,6360	9049,6503	79140,0746	3028,4929
5	3811149,0..	24627	51681,9860	36994,6360	9049,6139	79140,0746	3028,4929
6	3811149,0..	24627	51681,9860	36994,6360	9049,6139	79140,0746	3028,4929
7	3811141,3..	24627	51681,5297	36994,6360	9049,6139	79140,0746	3028,4929
8	3811135,0..	24627	51681,5297	36994,6360	9049,6139	79140,0746	3028,1431
9	3811135,0..	24627	51681,5297	36994,6360	9049,6136	79140,0746	3028,1431
10	3811135,0..	24627	51681,5296	36994,6360	9049,6136	79140,0746	3028,1431
11	3811133,8..	24627	51682,0761	36994,6358	9049,6450	79140,2517	3027,3543
12	3811120,7..	24627	51681,5252	36994,6363	9049,6142	79140,0747	3027,3543
13	3811046,4..	24627	51676,9153	36994,6325	9049,6638	79140,2499	3027,3543
14	3811021,4..	24626	51676,9107	36994,6358	9049,6665	79140,2517	3027,3543
15	3810922,4..	24626	51676,9127	36994,6362	9044,4523	79140,2534	3027,3543
16	3810875,0..	24626	51674,1168	36994,6395	9044,4545	79140,2534	3027,3543

Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Diversity

Zeigt ein Farbdiagramm aller Variablen in der aktuellen Population an

Durch das Diagramm auf der Registerkarte **Diversity** werden den anpassbaren Zellwerten bestimmte Farben zugewiesen, und zwar je nachdem, wie viel sich der Wert einer gewissen Zelle innerhalb der Population von Organismen (d.h. von Lösungen) verändert, die an einer bestimmten Stelle gespeichert sind. (Gemäß der gentechnischen Optimierungsterminologie ist dies ein Anzeichen der Vielfalt oder Verschiedenheit im Genpool.) Im Diagramm entspricht jeder senkrechte Balken einer anpassbaren Zelle. Die horizontalen Streifen innerhalb der einzelnen Balken stellen die Werte der betreffenden anpassbaren Zelle in anderen Organismen (d.h. in anderen Lösungen) dar. Den Streifen werden die Farben dadurch zugewiesen, dass der Bereich zwischen dem Minimal- und Maximalwert einer bestimmten anpassbaren Zelle in 16 gleichlange Intervalle unterteilt wird. Jedes dieser Intervalle wird durch eine unterschiedliche Farbe dargestellt. Aus der Tatsache, dass z. B. der vertikale Balken, der die zweite anpassbare Zelle darstellt, nur eine Farbe hat, geht hervor, dass diese Zelle in jeder gespeicherten Lösung den gleichen Wert enthält.

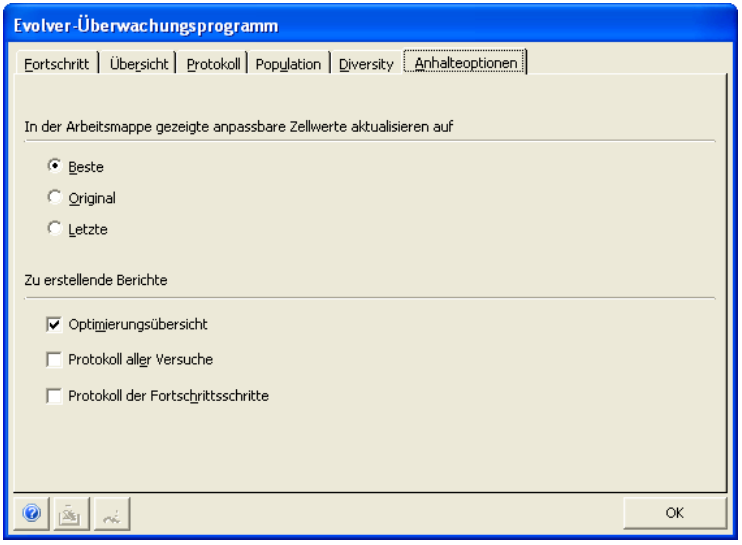


Evolver-Überwachungsprogramm – Registerkarte Anhalteoptionen

Zeigt die Anhalteoptionen für die Optimierung an

Wenn Sie auf **Stop** klicken, wird im Evolver-Überwachungsprogramm die Registerkarte **Anhalteoptionen** angezeigt. Das schließt auch die Optionen ein, die zur Aktualisierung des Arbeitsblattes mit den besten berechneten Werten für anpassbare Zellen verfügbar sind, sowie auch die Optionen zur Wiederherstellung von Originalwerten und Erstellung eines Optimierungsübersichtsberichts.

Durch Klicken auf OK wird die Evolver-Lösungspopulation gelöscht und werden dann die ausgewählten Werte in der Kalkulationstabelle platziert. Wenn Sie die Informationen über die Evolver-Sitzung (einschließlich Populationswerte sowie Zeitpunkt und Anzahl der Probesimulationen) speichern möchten, müssen Sie den Optimierungsübersichtsbericht erstellen.

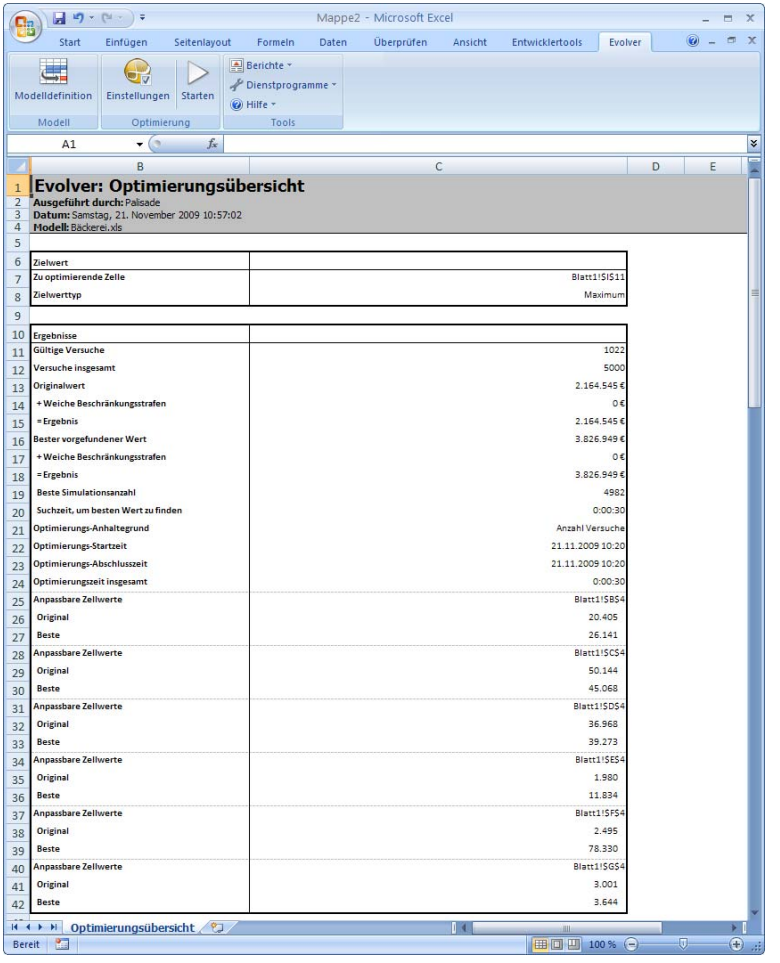


Dieses Dialogfeld wird auch angezeigt, wenn einer der benutzerdefinierten Anhaltebedingungen entsprochen wurde (angegebene Anzahl von Versuchen wurde ausgewertet, angegebene Minuten sind abgelaufen usw.). Die Stopp-Warnung bietet drei Optionen, in der Kalkulationstabelle die anpassbaren Zellwerte zu aktualisieren: **Beste**, **Original** und **Letzte.**

- **Beste**. Bei dieser Option werden die Evolver-Ergebnisse übernommen und wird die Suche nach besseren Lösungen beendet. Wenn Sie diese Option wählen, wird das durch Evolver gefundene beste Szenario in die anpassbare Zelle der Kalkulationstabelle eingefügt.
- **Original**. Durch diese Option werden die anpassbaren Zellen auf die Originalwerte zurückgesetzt, die vor Ausführung von Evolver vorhanden waren, und wird dann durch Evolver die Suche nach besseren Lösungen beendet.
- **Letzte**. Bei dieser Option werden durch Evolver die in der Optimierung zuletzt berechneten Werte im Arbeitsblatt platziert. Die Option **Zuletzt berechnete Werte** ist besonders bei der Fehlersuche in Modellen sehr nützlich.

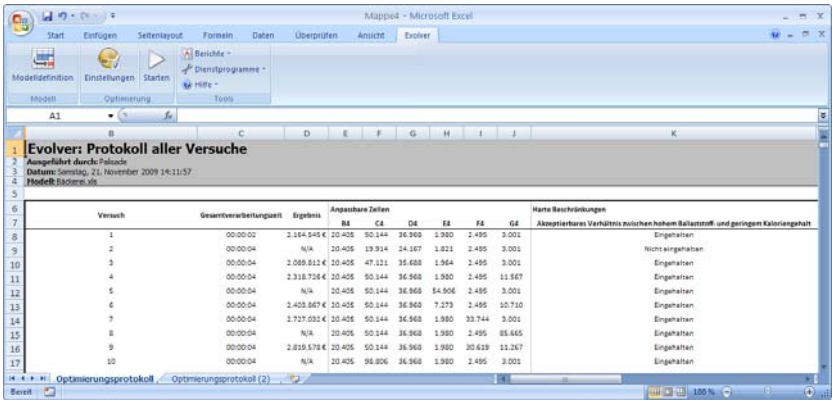
Durch die Optionen unter **Zu erstellende Berichte** können Optimierungsübersichts-Arbeitsblätter für Berichte über Ausführungsergebnisse erstellt werden. Auch können diese Arbeitsblätter zum Vergleichen von Simulationsergebnissen verwendet werden. Folgende Berichtsoptionen sind verfügbar:

- **Optimierungsübersicht**. Dieser Übersichtsbericht enthält Informationen, wie z. B. Datum und Urzeit der Ausführung, die verwendeten Optimierungseinstellungen, den für die Zielzelle berechneten Wert und den Wert der einzelnen anpassbaren Zellen.

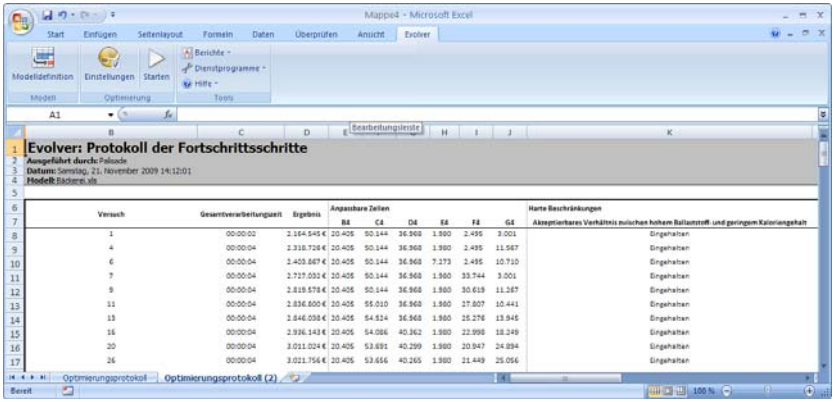


Dieser Bericht kann dazu verwendet werden, die Ergebnisse von aufeinander folgenden Optimierungen zu vergleichen.

- **Protokoll aller Versuche**. In diesem Bericht sind die Ergebnisse aller ausgeführten Versuche zu sehen.



- **Protokoll der Fortschrittsschritte**. Dieser Bericht enthält die Ergebnisse aller das Ergebnis der Zielzelle verbessernden Versuche.



Kapitel 6: Optimierung

Optimierungsmethoden **167**

Hill-Climbers (Algorithmen mit selbstoptimierendem Lösungsansatz) **169**

Excel Solver **173**

Evolver im Vergleich zu Solver **174**
Wann sollte Evolver verwendet werden? **175**

Problemarten **177**

Lineare Probleme **177**
Nicht lineare Probleme **177**
Tabellenbasierte Probleme **180**
Kombinatorische Probleme **180**

Optimierungsmethoden

In den Lernprogrammen haben wir schon einige Beispiele von Optimierungsproblemen gesehen. Einige Optimierungsprobleme sind dabei viel schwieriger als andere zu lösen. Bei sehr schwierigen Problemen, wie z. B. dem Suchen nach der kürzesten Strecke zwischen 1000 Orten, ist es nicht möglich, alle etwaigen Lösungen zu untersuchen. Solche Methode würde selbst auf den schnellsten Computern mehrere Jahre in Anspruch nehmen.

Um solche Probleme zu lösen, muss eine Untermenge aller möglichen Lösungen durchsucht werden. Durch Untersuchung dieser Lösungen kann am besten festgestellt werden, wie bessere Lösungen gefunden werden können. Und das wird durch einen *Algorithmus* erreicht. Ein Algorithmus ist einfach eine Schritt-für-Schritt-Beschreibung, wie ein Problem gelöst werden kann. Alle Computerprogramme werden z. B. durch Kombination vieler Algorithmen entwickelt.

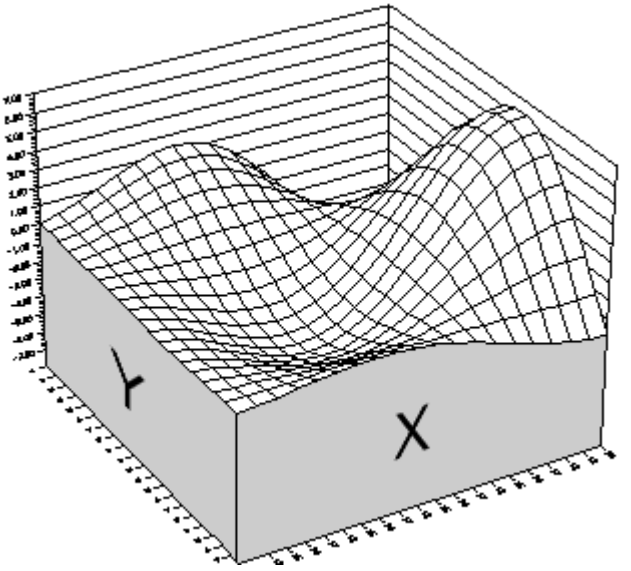
Wir beginnen damit, zu untersuchen, wie ein Problem durch die meisten problemlösenden Algorithmen dargestellt wird. Die meisten Probleme können in drei elementare Komponenten zerlegt werden: Eingaben, irgendeine Funktion und eine sich daraus ergebende Ausgabe.

	Suche nach:	bei dieser:	nach dem besten:
Komponenten des Problems	Eingaben	Funktion	Ausgabe
In Evolver/Excel	Variablen	Modell	Zielwert

Angenommen, das Optimierungsproblem enthält zwei Variablen, nämlich x und y. Wenn in einer Gleichung ausgedrückt, ergeben diese beiden Variablen das Ergebnis = z. Unser Problem besteht darin, den Wert für x und y zu finden, der den höchsten z-Wert ergibt. Man kann sich *z* wie eine „Bewertung“ darüber vorstellen, wie gut irgendeine xy-Paarung ist.

	Suche nach:	bei dieser:	nach dem besten:
In diesem Beispiel	x und y	Gleichung	z

Ein Diagramm eines jeden x- und y-Satzes sowie des daraus entstehenden z-Satzes würde ein dreidimensionales Oberflächendiagramm ergeben, wie in der nachstehenden Abbildung gezeigt.



Eine „Landschaft“ möglicher Szenarien oder Lösungen.

Jeder Schnittpunkt von einem x- und einem y-Wert ergibt eine z-Höhe. Die Höhen und Tiefen in dieser „Landschaft“ stellen die guten bzw. nicht so guten Lösungen dar. Das Suchen nach dem Maximum oder dem höchsten Punkt dieser Funktion, und zwar durch Untersuchung jeder Lösung, würde selbst bei dem leistungsstärksten Computer und dem schnellsten Programm viel zu viel Zeit in Anspruch nehmen.[*] Es ist dabei zu berücksichtigen, dass wir Excel nur die eigentliche Funktion und kein Diagramm davon zur Verfügung stellen. Auch könnten wir es genauso gut mit einem 200-dimensionalen wie mit diesem zweidimensionalen Problem zu tun haben. Wir benötigen daher eine Methode, die uns trotz weniger Berechnungen maximale Produktivität ermöglicht.

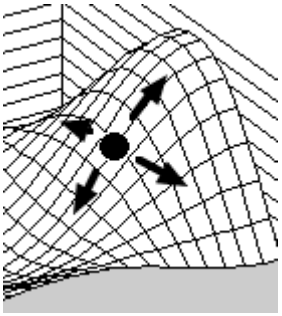
[*] In unserem Diagramm wird die Funktion als ebene Landschaft gezeigt. In den seltenen Fällen, in denen wir es mit einfachen, differenzierbaren Funktionen zu tun haben, ist es möglich, die Rechenart zu verwenden, um das Minimum und Maximum zu finden. Die meisten realistischen Probleme können jedoch nicht durch solche einfachen Funktionen beschrieben werden.

Hill-Climbers (Algorithmen mit selbstoptimierendem Lösungsansatz)

Als Nächstes wollen wir uns einen einfachen Algorithmus ansehen, der **Hill-Climber** genannt wird. Hill-Climber ist ein Algorithmus, der praktisch nach folgendem Motto arbeitet:

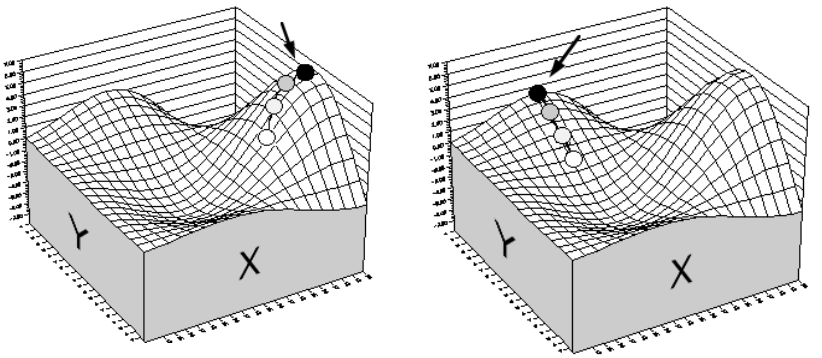
1) *Irgendwo in der Landschaft starten (Zufallspunkt wählen)*
2) *Kurzen Zufallsweg einschlagen (beliebige Richtung)*
3) *Wenn dieser Weg zu einem neuen, höher liegenden Punkt führt, dort bleiben und dann Schritt 2 wiederholen. Falls der neue Punkt jedoch niedriger liegt, zurück zum Anfangspunkt gehen und erneut versuchen.*

Durch Hill-Climbing wird immer nur eine Lösung oder ein Szenario zur Zeit ausprobiert. Wir verwenden hier einen schwarzen Punkt (•), um eine mögliche Lösung (einen Satz von x-, y- und z-Werten) darzustellen. Wenn wir den Punkt an einem rein zufälligen Startpunkt platzieren, hoffen wir, dass er durch unsere Hill-Climbing-Methode auf den höchsten Punkt im Diagramm gebracht wird.



Aus dem vorstehenden Diagramm ist klar ersichtlich, dass der Punkt auf die rechts befindliche Erhöhung gebracht werden soll. Wir wissen dass jedoch nur, weil wir bereits die gesamte Landschaft gesehen haben. Bei Ausführung des Algorithmus sieht dieser nur die nächstliegende Umgebung, aber nicht die ganze Landschaft. Mit anderen Worten, der Algorithmus kann zwar die Bäume, aber nicht den ganzen Wald sehen.

Bei den meisten realitätsbezogenen Problemen ist die Landschaft aber nicht so eben und die Berechnung würde daher Jahre in Anspruch nehmen. Aus diesem Grund berechnen wir nur das aktuelle und die nächstliegenden Szenarien. Angenommen, es handelt sich bei dem Punkt um einen Mann mit verbundenen Augen, der von sanft rollenden Hügeln umgeben ist. Bei Verwendung des Hill-Climbing-Algorithmus würde dieser Mann einen Schritt in jede Richtung machen und sich dann dorthin fortbewegen, wo er fühlt, dass es aufwärts geht. Dieser Mann würde erfolgreich seinen Weg nach oben finden und schließlich die Spitze des Hügels erreichen, wo der Boden unter seinen Füßen überall abwärts führen würde. Diese Methode scheint sehr einfach zu sein. Aber wird würden auf ein ernstes Problem stoßen, wenn der Mann an einer anderen Stelle starten und dadurch den falschen Hügel besteigen würde! (Siehe nachstehendes Diagramm).



Selbst bei einer Abgleichsfunktion kann das Hill-Climbing jedoch fehlschlagen, wenn von einer etwas anderen Position aus gestartet wird (siehe rechts).

Durch Hill-Climbing wird nur die am nächsten gelegene Hügelspitze oder das ***lokale Maximum*** gefunden. Wenn Ihr Problem sich daher in einer sehr unebenen und hügeligen Lösungslandschaft befindet, wie das bei den meisten realistischen Modellen der Fall ist, kann durch Hill-Climbing wahrscheinlich nicht der höchste oder sogar noch nicht einmal einer der höchsten Hügel gefunden werden.

Auch besteht bei Hill-Climbing noch ein anderen Problem: Wie können wir eigentlich das Gelände um unseren aktuellen Standort herum finden? Falls die Landschaft durch eine Abgleichsfunktion beschrieben wird, ist es vielleicht möglich, die Differentialrechnung zu verwenden, um die Richtung mit der steilsten Schräge zu finden. Wenn die Landschaft dagegen diskontinuierlich oder nicht differenzierbar ist (wie in realen Problemen oft der Fall), müssen wir die „Fitness“ der umliegenden Szenarien berechnen.

Angenommen, eine Bank stellt einen Sicherheitsbeamten ein, der die Bank von 9.00 – 17.00 Uhr bewachen soll, muss ihm aber zwei Arbeitspausen von je 30 Minuten gewähren. Unsere Aufgabe ist in diesem Fall, die optimalen Pausenzeiten zu finden, und zwar unter Berücksichtigung der generellen Regeln bezüglich Leistungs-/Ermüdungsverhältnis und des zeitlich unterschiedlichen Kundenstromes während des Tages. Vielleicht beginnen wir damit, verschiedene Kombinationen von Arbeitspausen auszuwerten. Falls wir derzeit mit einem Arbeitsplan arbeiten, bei dem die Arbeitspausen für 11.00 Uhr und 15.00 Uhr angesetzt sind, sollten wir vielleicht die Produktivität der umliegenden Szenarien berechnen:

Richtung	Pause 1 (x)	Pause 2 (y)	Wertung (z)
Aktuelle Lösung	11:00:00	15:00:00	= 46,5
West-Szenario	10:45:00	15:00:00	= 44,67
Ost-Szenario	11:15:00	15:00:00	= 40,08
Nord-Szenario	11:00:00	15:15:00	= 49.227
Süd-Szenario	11:00:00	14.45 Uhr	= 43,97

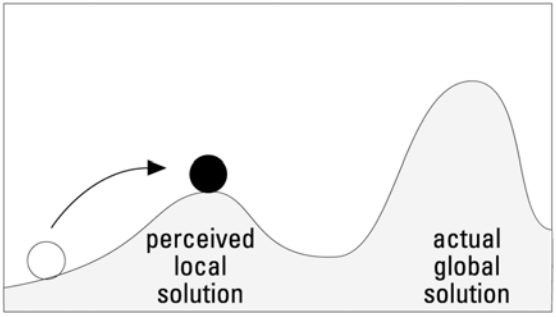
Falls wir drei anpassbare Zellen (Pausen) anstelle von zwei hätten, müssten wir acht verschiedene Richtungen berücksichtigen. In der Tat, wenn wir fünfzig Variablen hätten (was bei einem mittelgroßen Problem durchaus vorkommen kann), müssten wir die Produktivität für 2^{50}, oder mehr als eine Billiarde Szenarien berechnen… und nur für diesen einen Sicherheitsbeamten!!

Es können am Hill-Climbing aber Änderungen vorgenommen werden, um die Fähigkeit dieses Algorithmus zu verbessern, globale Maxima (d. h. die höchsten Hügel in der gesamten Landschaft) zu finden. Hill-Climbing ist am besten für unimodale Probleme zu verwenden. Aus diesem Grunde wird diese Technik in einigen Analysenprogrammen eingesetzt. Hill-Climbing ist jedoch nur sehr begrenzt für komplexe oder sehr umfangreiche Probleme von Nutzen.

Excel Solver

Excel enthält ein Optimierungs-Dienstprogramm, das ***Solver*** genannt wird. Es dient ungefähr dem gleichen Zweck wie Evolver, nämlich nach optimalen Lösungen zu suchen. Solver kann zwei Arten von Problemen lösen: lineare Probleme und einfache (nicht lineare) Probleme. Solver löst lineare Probleme durch eine lineare Programmier-Routine. Diese klassische mathematische Technik wird oft Simplex-Methode genannt und durch diese Methode werden immer perfekte Lösungen für kleine, rein lineare Probleme gefunden.

Genau wie die meisten anderen ***Baby-Solvers***, kann Microsoft Solver auch nichtlineare Probleme lösen, und zwar mithilfe der ***Hill-Climbing-Routine*** (insbesondere der GRG2-Routine). Eine Hill-Climbing-Routine beginnt mit den aktuellen variablen Werten, die dann langsam angepasst werden, bis die Ausgabe des Modell sich nicht weiter verbessert. Das bedeutet, dass Probleme mit mehr als einer möglichen Lösung durch Solver wahrscheinlich nicht sehr gut gelöst werden können, da Solver immer eine *lokale* Lösung ergibt und nicht zur *globalen* Lösung hinüber springen kann (siehe nachstehende Abbildung).



Landschaft der möglichen Lösungen

Außerdem macht Solver erforderlich, dass die durch Ihr Modell dargestellte Funktion kontinuierlich ist. Das bedeutet, dass die Ausgabe sich bei Anpassung der Eingaben mühelos ändern sollte. Falls Ihr Modell Verweistabellen verwendet, störintensive Echtzeitdaten aus anderen Programmen erfasst, Zufallselemente enthält oder mit WENN-Funktionen arbeitet, wird es „sprunghaft“ und diskontinuierlich sein. Solver würde solch ein Problem nicht lösen können.

Solver kann auch nur 200 Variablen und Beschränkungen in Ihrem Modell handhaben. Bei einer größeren Anzahl ist eine leistungsstärkere Lösungstechnik erforderlich.

Evolver im Vergleich zu Solver

Excel Solver und Evolver haben beide ihre eigenen Stärken und Schwächen. Gewöhnlich kann Solver schneller kleine und einfache Probleme lösen, während viele andere Arten von Problemen nur durch Evolver gelöst werden können. Auch werden Sie vielleicht feststellen, dass Evolver viel bessere Lösungen als Solver für größere, kompliziertere Realprobleme findet.

Mit anderen Worten, Evolver kann Lösungen für erheblich mehr Arten von Problemen finden, als das durch Solver möglich ist. Fast jede numerische in Excel modellierte Situation kann in Evolver optimiert werden.

Insbesondere kann Evolver optimale Lösungen für lineare, nicht lineare, tabellenbasierte oder Zufallszahlenprobleme finden. In der Tat kann Evolver auch Probleme lösen, die eine Kombination der vorgenannten Eigenschaften enthalten. Evolver kann ebenfalls Permutationen von bereits bestehenden Werten erstellen sowie auch Werte neu anordnen oder auf verschiedene Weisen gruppieren, um die optimale Lösung zu finden. Wenn Sie ein Kalkulationstabellenmodell mit Variablen haben, durch die die Ausgabe des Modells beeinflusst werden kann, ist Evolver in der Lage, den entsprechenden Suchprozess zu automatisieren, indem das Programm Tausende von Szenarien ausprobiert und dann die besten protokolliert.

Der durch Evolver vorgenommene gentechnische Algorithmusprozess ist besser als das Solver-Programm dazu geeignet, Unterbrechungen zu tolerieren. Sie können den Evolver-Prozess jederzeit anhalten, um nachzusehen, welche am besten passende Lösung bisher gefunden wurde. Auch können Sie dann Änderungen am Problem vornehmen und den Prozess anschließend direkt von der Unterbrechung an weiterführen. Bei einem Jobplanungsproblem möchten Sie z. B. vielleicht herausfinden, was die besten Aufgaben für die einzelnen Maschinen sind. Wenn eine Maschine verfügbar ist, können Sie den gentechnischen Algorithmusprozess anhalten, um nach der optimalen Aufgabe zu suchen, die dieser Maschine zugewiesen werden kann. Das Problem wird dann um diese Aufgabe verringert und die Optimierung kann für die noch verbleibenden Jobs fortgeführt werden.

Der gentechnische Algorithmus, der Evolver ermöglicht, alle diese Arten von Problemen zu handhaben, funktioniert gewöhnlich etwas langsamer als der Algorithmus, der im Solver und in anderen herkömmlichen mathematischen oder statistischen Methoden verwendet wird. Für einige Klassen von Problemen sind gut bekannte und fein eingestellte Optimierungs-Routinen verfügbar. Für solche Probleme können Lösungen schneller durch diese dafür angepassten Methoden gefunden werden als durch die in Evolver verwendete Mehrzweckmethode.

Wann sollte Evolver verwendet werden?

Gewöhnlich sollte Evolver verwendet werden, wenn:

1) durch herkömmliche Algorithmen keine guten, globalen Lösungen generiert werden können

2) das Problem zu groß ist oder zu viele Variablen für den Algorithmus enthält

3) das Problem zu kompliziert ist, um durch irgendeine andere Methode gelöst zu werden

4) das Modell Zufallswerte, Verweistabellen, IF-Anweisungen oder andere diskontinuierliche Funktionen enthält, die es für herkömmliche Solver ungeeignet machen

5) Sie nicht wissen, wie die Lösung aussehen könnte, und daher auch keine Ahnung haben, wo ein herkömmlicher Solver mit der Suche beginnen kann

6) Sie gern einige harte Beschränkungen in Ihrem Problem (z. B. ***x=y****) etwas weicher und daher genauer einstellen möchten (z. B.* ***x sollte gleich y sein, da ich sonst einiges an z verliere****). Dadurch kann dann ein viel größerer Bereich von möglicherweise besseren Lösungen untersucht werden, selbst wenn auf diese Weise einige Beschränkungen nicht genau eingehalten werden.*

7) Sie eine schnelle, ziemlich gute Lösung vorziehen und nicht lange Zeit warten möchten, um die absolut beste Lösung zu finden

8) Sie viele alternative Lösungen benötigen, die nahe der besten Lösung liegen

9) Sie einen einfachen, robusten Suchalgorithmus in Ihre selbstdefinierte Anwendung einbetten möchten (Einzelheiten hierüber sind im Evolver-Entwickler-Kit zu finden)

HINWEIS: Wenn Zeit dafür vorhanden ist, kann Evolver zusätzlich zu anderen Methoden dazu verwendet werden, deren Genauigkeit zu überprüfen. Obwohl mehr Zeit als bei anderen Methoden dafür erforderlich ist, kann die durch Evolver erzielte bessere Lösung in vielen Fällen durchaus diese zusätzliche Zeitinvestition rechtfertigen.

Da Evolver das Problem nicht haargenau zu kennen braucht, um eine Lösung zu finden, kann dieses Programm verwendet werden, selbst wenn der Benutzer nicht mit linearen Programmiertechniken, Optimierungstechnik, -mathematik oder -statistik vertraut ist. Zur Verwendung von Evolver ist nur erforderlich, dass der Benutzer die Variablen (d.h. die Zellen, die die anpassbaren Werte enthalten) und das Ziel (d.h. die Zelle, die die Ausgabe enthält) einstellt sowie eine Beschreibung darüber eingibt, welche Werte Evolver beim Suchen nach den optimalen Lösungen verwenden soll.

Problemarten

Gewöhnlich werden mehrere verschiedene Arten von Problemen optimiert. Wenn Sie diese Problemarten kennen, ist es einfacher für Sie, Evolver auf Ihre eigenen Modelle anzuwenden.

Lineare Probleme

In linearen Problemen bestehen alle Ausgaben aus einfachen linearen Eingabefunktionen, wie z. B. in y=mx+b. Wenn in den Problemen nur einfache arithmetische Operatoren, wie z. B. Addition, Subtraktion und Excel-Funktionen wie TREND() und SCHÄTZER() verwendet werden, ist das ein Zeichen dafür, dass ausschließlich lineare Beziehungen zwischen den Variablen vorhanden sind.

Lineare Probleme sind seit Einführung von Computern und Entwicklung der Simplex-Methode durch George Dantzig verhältnismäßig einfach zu lösen. Ein einfaches lineares Problem kann am schnellsten und genauesten mithilfe eines linearen Programmierungs-Hilfsprogramm gelöst werden. Aus dem in Excel enthaltenen Solver-Programm kann ein lineares Programmierungs-Tool gemacht werden, wenn Sie das Kontrollkästchen **Lineares Modell übernehmen** aktivieren.[*] Solver verwendet dann eine lineare Programmierungsroutine, um schnell eine perfekte Lösung zu finden. Falls Ihr Problem schlichtweg in linearer Form ausgedrückt werden kann, sollten Sie auf jeden Fall die lineare Programmierung verwenden. Leider können jedoch die meisten realen Probleme nicht linear beschrieben werden.

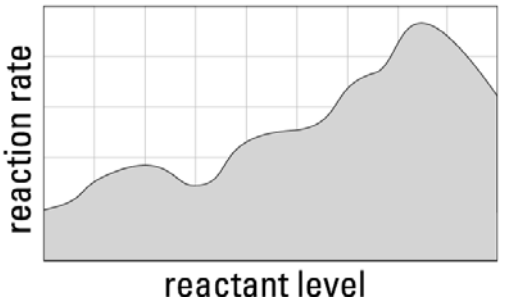
Nicht lineare Probleme

Angenommen, es kostet $ 5000, um 5000 Widgets herzustellen und auszuliefern. Würde es dann automatisch $ 1 kosten, um nur ein Widget herzustellen und auszuliefern? Wahrscheinlich nicht. Das Fließband in der Widget-Fertigungsanlage würde weiterhin Strom verbrauchen, die Schreibarbeit wäre wahrscheinlich die gleiche und müsste durch die verschiedenen Abteilungen gehandhabt werden, die Materialien würden weiterhin in größeren Mengen eingekauft, die Lkws würden genau so viel Benzin oder Dieselöl benötigen, um die Widgets auszuliefern und der Lastwagenfahrer würde weiterhin für den ganzen Tag bezahlt werden, ganz gleich, wie viele Widgets sich auf dem Lkw befinden. Die meisten Realprobleme enthalten keine Variablen, die auf einfachen linearen Beziehungen beruhen. Diese Probleme erfordern Multiplikation, Division, Exponenten und integrierte Excel-Funktionen, wie z. B. ORDNEN() und

[*] Weitere Einzelheiten zu dem Microsoft Solver-Programm sind im Excel-Benutzerhandbuch zu finden.

VARIATION(). Sobald die Variablen eine disproportionale Beziehung zueinander haben, stehen wir vor einem nicht linearen Problem.

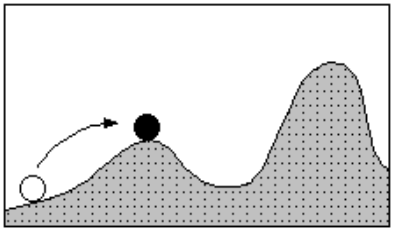
Ein gutes Beispiel für ein nicht lineares Problem ist die Verwaltung eines Herstellungsprozesses in einer chemischen Fertigungsanlage. Angenommen, einige chemische Ausgangsprodukte sollen vermischt werden, um ein chemisches Produkt zu erhalten. Die Stärke dieser Reaktion könnte vielleicht auf nicht lineare Weise von der Menge der verfügbaren Ausgangsprodukte abhängen. Es wird wahrscheinlich irgendwann ein Punkt erreicht, an dem der Katalysator gesättigt ist und zusätzliche Produkte nicht mehr wirkungsvoll sind. Folgendes Diagramm zeigt diesen Zusammenhang::



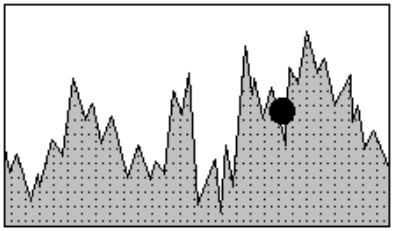
Falls wir nur nach der Minimalmenge an Reaktanz suchen, die uns die höchste Reaktionsgeschwindigkeit bringt, können wir an einem beliebigen Punkt auf dem Diagramm starten und dann der ansteigenden Kurve folgen, bis wir die Spitze erreichen. Diese Methode der Problemlösung nennt man Hill-Climbing.

Durch Hill-Climbing kann immer die beste Antwort gefunden werden, wenn a) die untersuchte Funktion eine Abgleichsfunktion ist und b) die anfänglichen variablen Werte dafür sorgen, dass am Fuße des höchsten „Hügels“ begonnen wird. Wenn eine dieser Bedingungen nicht eingehalten wird, kann Hill-Climbing leicht nur zu einer lokalen und keiner globalen Lösung führen.

Extrem nichtlineare Probleme, wie sie oft in der Praxis vorkommen, können auf viele verschiedene Weisen in einer komplizierten Landschaft gelöst werden. Wenn bei dem Problem viele Variablen zu berücksichtigen sind oder die vorhandenen Formeln sehr störintensiv bzw. kurvenreich sind, kann die beste Lösung wahrscheinlich nicht durch *Hill-Climbing* gefunden werden, selbst wenn das Programm Hunderte von Versuchen von verschiedenen Startpunkten aus vornimmt. Meistens wird in diesen Fällen nur eine teilwegs optimale und sehr lokale Lösung gefunden (siehe nachstehende Abbildung).

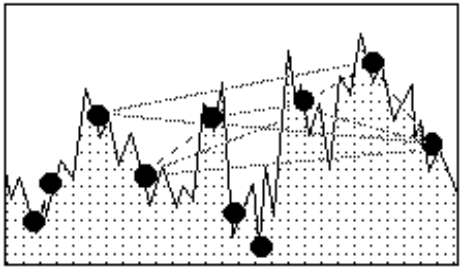


Durch Hill-Climbing wird das lokale, aber nicht das globale Maximum gefunden.



Störintensive Daten: Hill-Climbing ist bei solchen Daten nicht wirksam, selbst wenn mehrere Versuche unternommen werden.

In Evolver wird keine Hill-Climbing-Technik verwendet. Stattdessen wird eine stochastische, gelenkte Suchmethode verwendet, die auch „gentechnischer Algorithmus“ genannt wird. Dadurch ist Evolver in der Lage, im Lösungsraum eines Problems viele Eingabewertkombinationen zu untersuchen, ohne dabei an einem lokalen Optimum hängenzubleiben. Außerdem können gute Szenarien in Evolver miteinander „kommunizieren“, um wertvolle Informationen über die gesamte Lösungslandschaft zu sammeln. Diese Informationen werden dann dazu verwendet, besser abschätzen zu können, welche Szenarien wahrscheinlich erfolgreich sein werden. Wenn Sie es mit einem komplexen oder extrem nichtlinearen Problem zu tun haben, sollten oder müssen Sie sogar Evolver verwenden.



Evolver generiert viele mögliche Szenarien und erweitert dann die Suche auf Basis des erhaltenen Feedbacks.

Tabellenbasierte Probleme

Für viele Probleme sind Verweistabellen und Datenbanken erforderlich. Um die Mengen der verschiedenen zu kaufenden Materialien auszuwählen, muss beispielsweise vielleicht der Preis für die verschiedenen Mengen nachgeschlagen werden.

Durch Tabellen und Datenbanken werden Probleme diskontinuierlich (uneben). Dadurch ist es dann für Hill-Climbers, wie z. B. Solver, recht kompliziert, optimale Lösungen zu finden. Evolver benötigt jedoch keine Kontinuität in den auszuwertenden Funktionen und kann daher gute Lösungen für tabellenbasierte Probleme finden, selbst für Probleme, in denen viele umfangreiche, untereinander zusammenhängende Tabellen verwendet werden.

Falls das Problem es erforderlich macht, Daten in einer Datenbank oder in einer Excel-Datentabelle nachzusehen, wo der Index des Tabellenpostens eine Variable oder Funktion einer Variablen ist, müssen Sie Evolver verwenden. Wenn Sie nur eine einzige Konstante in einer Tabelle nachsehen brauchen (d. h. wenn derselbe Datensatz aus der Tabelle abgerufen wird, ganz gleich, welche Werte die Eingabevariablen enthalten), können Sie wahrscheinlich das Solver-Programm wirksam einsetzen.

Kombinatorische Probleme

Es gibt eine umfangreiche Klasse von Problemen, die ganz anders als die bisher untersuchten numerischen Problemen sind. Probleme, bei denen für die Ausgaben die Reihenfolge der vorhandenen Eingabevariablen oder Untergruppierungen von Eingaben geändert werden müssen, werden kombinatorische Probleme genannt. Diese Probleme sind gewöhnlich sehr schwierig zu lösen, da für sie oft Exponentialzeit erforderlich ist. Mit anderen Worten, die zum Lösen eines Problems mit 4 Variablen erforderliche Zeit könnte evtl. durch 4 x 3 x 2 x 1 ausgedrückt werden. Wenn dann die Variablen auf 8 verdoppelt werden, erhöht sich dadurch die Lösungszeit auf 8 x 7 x 6 x 5 x 4 x 3 x 2 x 1 oder um einen Faktor von 1680. Das heißt, die Anzahl der Variablen verdoppelt sich, aber die Anzahl der zu untersuchenden möglichen Lösungen erhöht sich gleich 1680-mal. Die Schlagmannaufstellung für ein Baseballteam stellt ein kombinatorisches Problem dar. Aus den 9 Spielern können Sie einen als den ersten Schlagmann auswählen. Aus den verbleibenden 8 Spielern muss dann der zweite Schlagmann, aus den übrigen 7 Spielern der dritte Schlagmann usw. ausgewählt werden. Es sind somit 9x8x7x6x5x4x3x2x1, d h. 9 faktorielle Möglichkeiten vorhanden, die Schlagmannaufstellung vorzunehmen. Das sind ungefähr 362.880 verschiedene Anordnungen. Wenn Sie dann die Anzahl der Spieler verdoppeln, erhalten Sie 18 faktorielle mögliche Aufstellungen oder insgesamt ***6.402.373.705.000.000*** mögliche Aufstellungen!

Evolver und der gentechnische Algorithmus von Evolver sind in der Lage, die möglichen Permutationen auf intelligente Weise zu durchsuchen. Das ist erheblich praktischer als das Durchsuchen *sämtlicher* Möglichkeiten und auch effizienter als das Untersuchen von rein zufälligen Permutationen. Unteranordnungen von guten Szenarien können beibehalten und dann zur Erstellung von noch besseren Szenarien verwendet werden.

Kapitel 7: Gentechnische Algorithmen

Einführung **185**
Entwicklung **187**
Ein biologisches Beispiel **191**
Ein digitales Beispiel **193**

Einführung

In Evolver werden gentechnische Algorithmen dazu verwendet, nach optimalen Antworten für Simulationsmodelle zu suchen. Dieses Kapitel enthält Hintergrundinformationen über gentechnische Algorithmen, um Ihnen Einblicke in die Verwendung dieser Algorithmen zur Optimierung von Simulationsmodellen zu gewähren.

Entwicklung

Die ersten gentechnischen Algorithmen wurden zu Beginn der 1970er Jahre durch John Holland an der University of Michigan entwickelt. Holland war sehr beeindruckt von der Leichtigkeit, mit der biologische Systeme Aufgaben ausführen konnten, die selbst für die leistungsstärksten Supercomputer unmöglich waren: Tiere können beispielsweise fehlerlos Gegenstände erkennen, Geräusche wahrnehmen und deuten sowie ganz allgemein fast unverzüglich durch eine dynamische Umgebung navigieren.

Seit Jahrzehnten versuchen Wissenschaftler, diese Fähigkeiten in Maschinen zu replizieren, aber allmählich erkennen wir, wie schwierig diese Aufgabe ist. Die meisten Wissenschaftler sind sich darüber einig, dass komplexe biologische Systeme, die diese Fähigkeiten aufweisen, sich langsam dazu entwickelt haben.

Evolutionstheorie

Evolution, so die Theorie, hat Systeme mit enormen Fähigkeiten entwickelt, und zwar durch relativ einfache, sich selbst replizierende Bausteine sowie einige einfache Regeln.

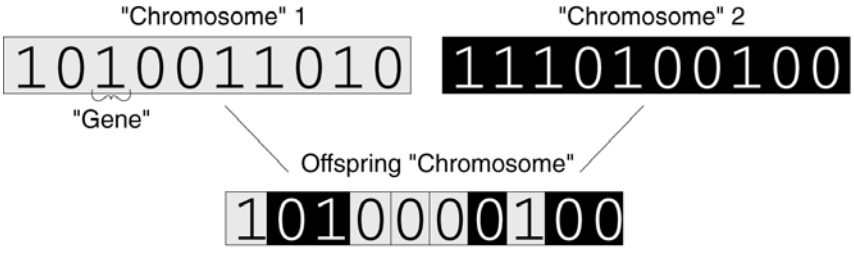
1) Evolution findet auf der Chromosom-Ebene statt. Der Organismus als solcher bildet sich nicht heraus, sondern dient nur als Gefäß zum Fortpflanzen der Genen. Es sind die Chromosomen, die sich bei jeder Neuanordnung der Genen dynamisch ändern.

2) Die Natur neigt dazu, bevorzugt Kopien von Chromosomen zu generieren, die einen fitteren oder gesünderen Organismus erzeugen. Bei einem langlebigen und gesunden Organismus ist es wahrscheinlicher, dass seine Genen durch Vermehrung an neue Generationen von Organismen weitergereicht werden. Dieses Prinzip wird oft als „natürliche Auslese“ oder „Selektion des Stärkeren“ des bezeichnet. In diesem Sinne ist „Stärkerer“ aber nur ein relativer Begriff. Ein Organismus braucht nur im Vergleich zu anderen Organismen in derselben Population stärker zu sein, um sich durchzusetzen.

3) In der Population muss die genetische Vielfalt beibehalten werden. In der Natur ereignen sich häufig scheinbar zufällige Mutationen, durch die Organismusvariationen erhalten bleiben. Diese genetischen Mutationen ergeben oft eine nützliche oder sogar überlebenswichtige Genenänderung in der Gattung. Bei einem breiteren Spektrum möglicher Kombinationen ist eine Population auch weniger anfällig in Bezug auf Krankheiten, wie z. B. Viren usw., die alle Organismen töten könnten, oder in Bezug auf andere Inzuchtprobleme.

Sobald wir die Evolution in diese grundlegenden Bausteine unterteilen, wird es leichter, diese Techniken auch auf die Rechenwelt anzuwenden und damit zu beginnen, natürlicher reagierende und funktionierende Maschinen in Angriff zu nehmen.

Holland begann, diese Evolutionseigenschaften auf einfache Zahlenfolgen anzuwenden, die Chromosomen darstellen sollten. Als Erstes kodierte er dieses Problem in Form von binären Zeichenfolgen (d. h. Zeilen von Einsen und Nullen), um die Chromosomen darzustellen, und generierte auf dem Computer viele dieser Bit-Zeichenfolgen, um eine ganze Population davon zu erzeugen. Dann programmierte er eine Fitnessfunktion, die in der Lage war, die einzelnen Bit-Strings auszuwerten und in Rangkorrelation zu bringen. Die als „am fittesten" betrachteten Strings tauschten anschließend Daten mit anderen Strings aus, und zwar durch Kreuzungs- oder **Crossover**-Routinen, um Nachwuchs-Bit-Strings zu generieren. Holland wandte sogar einen Mutations-Operator auf seine digitalen Chromosomen an, um die sich daraus ergebenden Nachwuchschromosomen mit einem gewissen Zufallsfaktor zu versehen und somit die genetische Vielfalt in der Population zu erhalten. Diese Fitnessfunktion sollte dem Tod in der biologischen Welt entsprechen und mit anderen Worten entscheiden, welche Zeichenfolgen fit genug zum Fortpflanzen waren und welche aus dem Speicher entfernt werden sollten.



Durch das Programm wurde eine gewisse Anzahl dieser Chromosomen weiterhin gespeichert und diese gesamte Population an Zeichenfolgen entwickelte sich dann weiter, bis dadurch die Fitnessfunktion maximiert wurde. Dieses Ergebnis wurde dann dekodiert, um zu den Originalwerten zurückzukommen und die Lösung anzuzeigen. John Holland ist immer noch ein aktiver Pionier auf diesem Gebiet, aber hat jetzt Hunderte von Wissenschaftlern und Gelehrten um sich geschart, die einen Großteil ihrer Zeit damit verbringen, an dieser vielversprechenden Alternative zu herkömmlicher linearer Programmierung sowie zu traditionellen mathematischen und statistischen Techniken zu arbeiten.

Der ursprünglich von Holland entwickelte gentechnische Algorithmus war recht einfach, aber überraschend robust, und war daher in der Lage, optimale Lösungen für eine Vielfalt von Problemen zu finden. Durch viele benutzerdefinierte Programme, die sich nicht viel von diesem ursprünglichen gentechnischen Algorithmus unterscheiden, werden heutzutage sehr umfangreiche und komplexe Realprobleme gelöst.

Neuzeitliche Anpassungen von gentechnischen Algorithmen

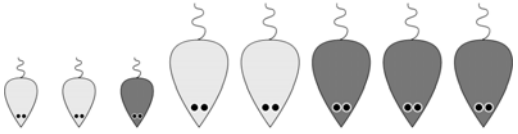
Mit zunehmendem Interesse in akademischen Kreisen und zunehmender Rechnerleistung in regulären Desktop-PCs wurde durch Standardprogramme wie Microsoft Windows und Excel das Entwerfen und Verwalten von komplexen Modellen erheblich leichter. Die Verwendung von Realzahlen anstelle von Darstellung durch Bit-Zeichenfolgen beseitigte das komplizierte Kodieren und Dekodieren von Chromosomen.

Die Beliebtheit des gentechnischen Algorithmus wächst heutzutage exponentiell und diesbezügliche Lehrgänge, Bücher und Artikel in Magazinen sowie auch fachkundige Berater sind plötzlich überall zu finden. Die „International Conference of Genetic Algorithms“ wirft den Blick bereits auf praktische Anwendungen, was ein Zeichen dafür ist, dass dieser Algorithmus eine Marktreife erreicht hat, von der andere die künstliche Intelligenz betreffende Techniken nur träumen können. Viele Fortune 500-Unternehmen arbeiten laufend mit gentechnischen Algorithmen, um Realprobleme zu lösen, und zwar angefangen von Maklerfirmen, Kraftwerken und Telefongesellschaften bis hin zu Restaurantketten, Kraftfahrzeughersteller und Fernsehstationen. Es ist sehr gut möglich, dass auch Sie bereits indirekt irgendeinen gentechnischen Algorithmus verwendet haben!

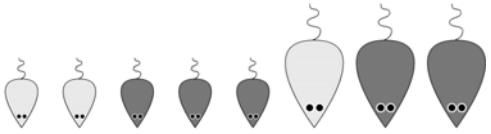
Ein biologisches Beispiel

Hier ist ein einfaches Beispiel von Evolution in der biologischen Welt (in engem Rahmen).. Mit „Evolution“ meinen wir dabei irgendeine Änderung in der Verteilung oder Häufigkeit von Genen in einer Population. Das Interessante an der Evolution ist natürlich, dass sie zu Populationen führt, die sich ständig ihrer Umwelt anpassen.

Angenommen, wir haben es mit einer Population von Mäusen zu tun. Diese Mäuse kommen in zwei Größen (klein und groß) und in zwei Farben (hell und dunkel). Sagen wir, unsere Population besteht aus folgenden acht Mäusen:



Eines Tages erscheinen Katzen in der Nachbarschaft, die sofort über die Mäuse herfallen. Es ergibt sich jedoch, dass dunklere und kleinere Mäuse schlechter durch die Katzen aufgespürt werden können. Daher besteht nicht für alle Mäuse die gleiche Gefahr, vor der Vermehrung oder Fortpflanzung gefressen zu werden. Das wirkt sich auf die nächste Generation der Mäuse entsprechend aus. Vorausgesetzt, dass die alten Mäuse bald nach der Fortpflanzung sterben, wird die nächste Generation der Mäuse wie folgt aussehen:



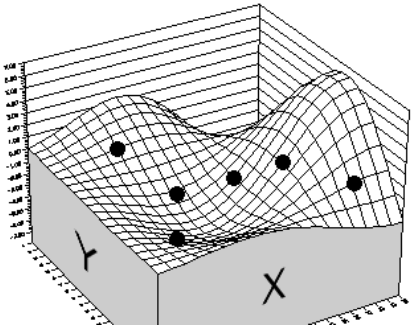
Wie zu sehen, ist es für große, für helle und besonders auch für große helle Mäuse schwierig, vor der Fortpflanzung nicht gefressen zu werden. Das setzt sich auch in der nächsten Generation fort.

Jetzt besteht die Population fast nur noch aus kleinen, dunklen Mäusen, weil diese in ihrer Umwelt besser überleben können als die anderen Mausarten. Ähnlich passiert es auch mit den Katzen. Weil diese bei weniger Mäusen jetzt hungrig werden, sind solche mit einer Vorliebe für Gras vielleicht besser für ihre neue Umwelt adaptiert und können ihre entsprechenden Genen an eine neue Katzengeneration weitergeben. Dies ist das Zentralkonzept der „natürlichen Auslese". Vielleicht sollte man besser sagen: „Erfolgreiches Überleben bis zur Fortpflanzung". Von der Evolutionslehre her gesehen, ist es nutzlos, der gesündeste „Junggeselle" in der Population zu sein, da die Genen sich ohne Fortpflanzung nicht auf zukünftige Generationen auswirken können.

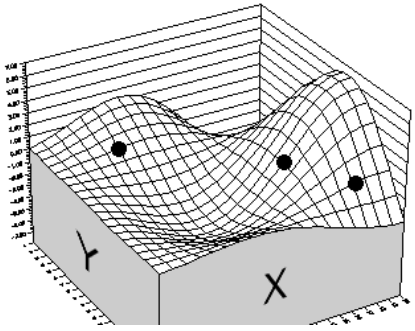
Ein digitales Beispiel

Angenommen, wir haben ein Problem mit zwei Variablen (***x*** und ***y***), die das Ergebnis *z* ergeben. Sofern wir das Ergebnis *z* für jeden möglichen ***x***- und ***y***-Wert berechnen und aufzeichnen, wird sich daraus eine entsprechende „Lösungslandschaft“ ergeben (siehe Kapitel 6: Optimierung). Da wir nach dem maximalen *z* suchen, sind die Spitzen im Diagramm „gute“ und die tiefen Täler „schlechte“ Lösungen.

Wenn wir einen gentechnischen Algorithmus dazu verwenden, die Funktion zu maximieren, beginnen wir damit, dass wir wahlfrei mehrere mögliche Lösungen oder Szenarien (die schwarzen Punkte) erstellen und nicht nur einen einzigen Anfangspunkt. Anschließend berechnen wir die Funktionsausgabe für die einzelnen Szenarios und stellen jedes Szenario als Punkt grafisch dar. Als Nächstes bringen wir die Szenarien in Rangkorrelation , und zwar nach Höhenlage (angefangen mit dem besten bis hin zum schlechtesten). Wir behalten dann die oberste Hälfte dieser Szenarien und verwerfen die anderen.



Zuerst die gesamte „Population“ der möglichen Lösungen erstellen. Einige werden besser sein (d. h. höher liegen) als andere.

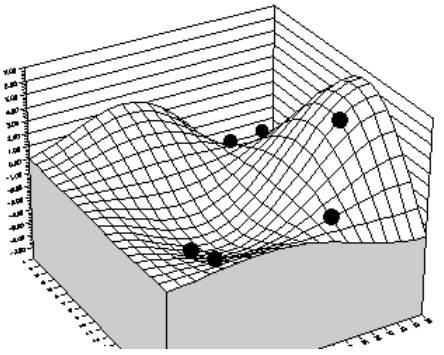


Als Nächstes erstellen wir eine Rangordnung der Lösungen und behalten dann nur die besseren von ihnen.

Die noch verbleibenden drei Szenarien kopieren sich, sodass wir wieder insgesamt sechs Szenarien erhalten. Aber jetzt kommt der interessante Teil: Jedes der sechs Szenarien besteht aus zwei anpassbaren Werten (grafisch dargestellt als ***x***- und ***y***-Koordinaten). Die Szenarien paaren sich rein zufällig. Jetzt tauscht jedes Szenario den ersten der zwei anpassbaren Werte gegen den entsprechenden Wert seines Partners aus. Beispiel:

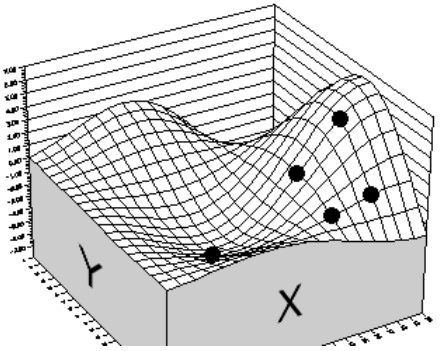
	Vorher	Nachher
Szenario 1	3,4, 5,0	2,6, 5,0
Szenario 2	2,6, 3,2	3,4, 3,2

Dieser Vorgang wird **Crossing-over** oder ***Crossover*** genannt. Wenn unsere sechs Szenarien sich wahlfrei paaren und das Crossover durchführen, erhalten wir vielleicht einen neuen Satz an Szenarien, der wie folgt aussieht:



In dem vorstehenden Beispiel gehen wir davon aus, dass die ursprünglichen drei Szenarien (a, b und c) sich mit den Duplikaten (A, B und C) gepaart haben und daraus die Paare aB, bC und bA entstanden sind. Von diesen Paaren wurden dann die Werte für die erste anpassbare Zelle ausgetauscht. Das entspricht in unserem Diagramm dem Austausch der ***x***- und ***y***-Koordinaten zwischen den Punktpaaren. Mit anderen Worten, unsere Szenarien-Population hat jetzt gerade eine Generation durchlebt, und zwar einschließlich Todes- und Geburtszyklus.

Wie Sie sehen, ergeben einige der neuen Szenarien eine geringere Ausgabe (niedrigere Höhenlage) als in der ursprünglichen Generation. Ein Szenario befindet sich jetzt jedoch ganz oben auf dem höchsten Hügel und zeigt damit einen Fortschritt an. Wenn wir die Population durch eine weitere Generation gehen lassen, haben wir vielleicht folgendes Bild:



Sie können sehen, wie die durchschnittliche Performance der Szenarien-Population sich im Laufe der letzten Generation verbessert hat. In diesem Beispiel ist nicht mehr viel Raum für weitere Verbesserung. Das hat seinen Grund darin, dass nur zwei Genen pro Organismus vorhanden sind, d. h. insgesamt nur sechs Organismen, und keine Möglichkeit besteht, neue Genen zu erzeugen. Das bedeutet, dass wir nur einen begrenzten ***Genpool*** zur Verfügung haben. Der Genpool setzt sich aus allen Genen der Organismen in der Population zusammen.

Gentechnische Algorithmen können erheblich leistungsstärker gemacht werden, indem mehr von der Stärke der eigentlichen biologischen Evolution kopiert wird. Das heißt, es sollte die Anzahl der Genen pro Organismus sowie auch die Anzahl der Organismen in der Population erhöht werden. Außerdem sollten hin und wieder zufällige Mutationen möglich sein. Des Weiteren sollten wir die zum Überleben bestimmten Szenarien mehr so wie in der Natur auswählen: d. h. mit einem Zufallselement, das solche Szenarien bei der Fortpflanzung leicht bevorzugt, die Überdurchschnittliches leisten, anstelle von solchen, die an der Spitze stehen (selbst der größte und stärkste Löwe kann vom Blitz getroffen werden)!

Alle diese Techniken stimulieren die genetische Verfeinerung und tragen zur Vielfalt im Genpool bei. Dadurch werden alle Arten von Genen verfügbar gehalten, für den Fall, dass sie evtl. in verschiedenen Kombinationen recht nützlich sein könnten. Evolver implementiert ganz automatisch alle diese Techniken.

Kapitel 8: Evolver-Extras

Hinzufügung von Beschränkungen 199

Bereichsbeschränkungen 200
Harte Beschränkungen – angepasst 201
Weiche Beschränkungen 202
Strafklauseln 202
Eingabe einer Strafklausel 204
Anzeige der Auswirkungen einer eingegebenen Strafklausel 205
Anzeige der angewendeten Strafpunkte 205
Eingabe von weichen Beschränkungen in das Arbeitsblatt 206
Weitere Beispiele von Strafklauseln 207
Verwendung von Strafklauseln 208
Mehrfache Zielprobleme 209

Optimierungsbeschleunigung 211

Implementierung der Optimierung in Evolver 213

Auswahl 213
Crossover 214
Mutation 215
Ersetzung 215
Beschränkungen 215

Hinzufügung von Beschränkungen

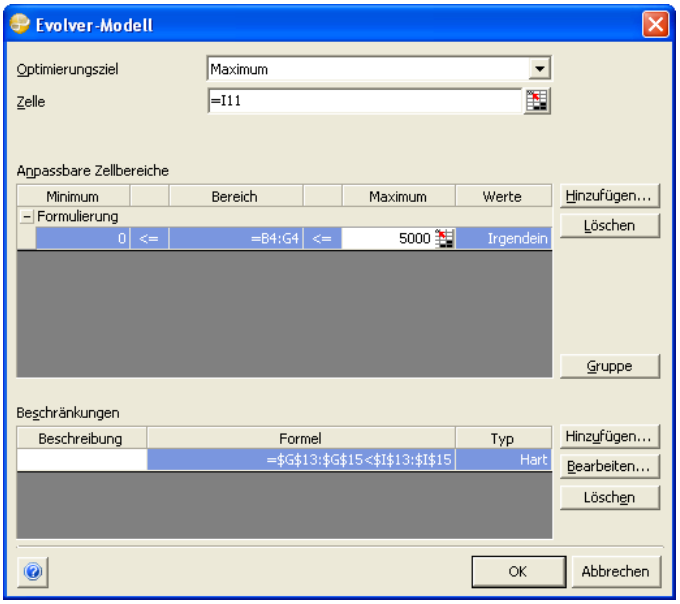
Realistischen Problemen sind oft mehrere Beschränkungen auferlegt, die beim Suchen nach optimalen Antworten berücksichtigt werden müssen. In einem Lernprogramm, in dem nach einer Transformatorbauart mit den niedrigsten Kosten gesucht wird, ist z. B. eine der Beschränkungen, dass der Transformator nicht zu warm werden und nicht mehr als 0,16 W/cm^2 ausstrahlen darf.

Wenn ein Szenario in einem Modell alle Beschränkungen ordnungsgemäß berücksichtigt, wird von einer funktionsfähigen oder „gültigen" Lösung gesprochen. Mitunter ist es schwierig, eine funktionsfähige oder gar eine optimal funktionsfähige Lösung zu finden. Der Grund ist dann vielleicht, dass das Problem zu komplex ist und es nur wenige funktionsfähige Lösungen gibt oder aber, dass das Problem zu spezifiziert ist (d. h. zu viele Beschränkungen oder sich widersprechende Beschränkungen hat) und daher keine funktionsfähigen Lösungen möglich sind.

Es gibt drei elementare Arten von Beschränkungen: ***Bereichs***beschränkungen, bei denen es sich um Min-Max-Bereiche für anpassbare Zellen handelt, ***harte*** Beschränkungen, die immer eingehalten werden müssen, und ***weiche*** Beschränkungen, die möglichst berücksichtigt werden sollten, aber auch nötigenfalls unberücksichtigt bleiben können, um einen großen Fitnessvorteil zu erzielen.

Bereichsbeschränkungen

Die einfachsten harten Beschränkungen sind solche, die den Variablen als solchen auferlegt werden. Durch Einstellung eines bestimmten Bereichs für die einzelnen Variablen kann die Anzahl der möglichen Lösungen begrenzt werden, die Evolver durchsuchen wird. Dadurch wird die Suche erheblich effizienter. Sie können im Modellfenster unter **Anpassbare Zellbereiche** die MINIMUM- und MAXIMUM-Werte eingeben, um Evolver den Wertbereich anzugeben, der für die einzelnen Variablen passend ist.



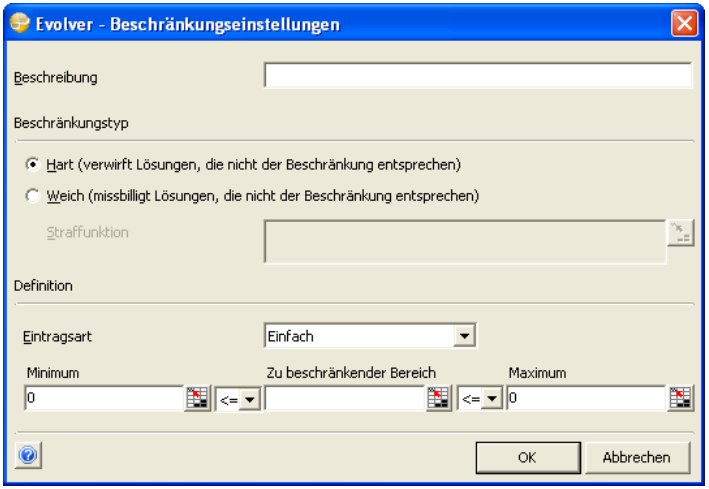
Evolver kann nur Werte zwischen 0 und 5.000 für die angegebenen Zellen ausprobieren.

Eine zweite Art von harten Beschränkungen für die Variablen ist in den einzelnen Evolver-Lösungsmethoden (Formulierung, Reihenfolge, Gruppierung usw.) integriert. Wenn beispielsweise Variablen unter Verwendung derselben Budget-Lösungsmethode angepasst werden, wird Evolver dadurch angewiesen, nur Wertesätze auszuprobieren, die denselben Betrag ergeben. Genau wie bei der Bereichseinstellung wird durch diese harte Beschränkung ebenfalls die Anzahl der zu durchsuchenden möglichen Szenarien reduziert.

Die im Dialogfeld **Modell** zu sehende Ganzzahloption stellt gleichfalls eine harte Beschränkung dar, durch die Evolver angewiesen wird, nur Ganzzahlwerte (1, 2, 3 usw.) anstelle von Realzahlen (1,34; 2,034 usw.) beim Anpassen der Variablen auszuprobieren.

Harte Beschränkungen – angepasst

Beschränkungen, die außerhalb der für Evolver-Variablen möglichen Beschränkungen liegen, können über das Dialogfeld **Beschränkungseinstellungen** eingegeben werden.



HINWEIS: Genau wie bei der in der Natur vorkommenden Evolution liegt die Fähigkeit eines gentechnischen Algorithmus, Probleme zu lösen, hauptsächlich darin, viele Kombinationen von möglichen Lösungen unbehindert untersuchen zu können und dann auf natürliche Weise auf die besten Lösungen hinzuarbeiten. Wenn wir Evolver nicht erlauben, sich auch Lösungen anzusehen, die nicht unseren Anforderungen entsprechen, kann dadurch der gentechnische Algorithmus-Optimierungsprozess erheblich geschwächt werden.

Es ist stets leichter für Evolver, den harten Beschränkungen entsprechende Lösungen zu finden, wenn das anfängliche Szenario im Arbeitsblatt ebenfalls diese Beschränkungen berücksichtigt. Dadurch erhält Evolver dann einen Anfangspunkt im Bereich der gültigen Lösungen. Falls Sie kein Szenario haben, das den Beschränkungen entspricht, sollten Sie Evolver anfangs mit einem beliebigen Szenario ausführen. Evolver wird dann so gut wie möglich versuchen, Szenarien zu finden, die den Beschränkungen entsprechen.

Weiche Beschränkungen

Wenn ein Programm gezwungen wird, nur Lösungen zu suchen, die allen Beschränkungen voll entsprechen, werden evtl. überhaupt keine funktionsfähigen Lösungen gefunden. Oft ist es nützlicher, eine annähernd funktionsfähige Lösung zu suchen, die den meisten (aber vielleicht nicht allen) Beschränkungen entspricht.

Als Alternative zur Verwendung von einzuhaltenden harten Beschränkungen kann das Problem auch neu konfiguriert werden, und zwar unter Verwendung von weichen Beschränkungen, die Evolver dann ***möglichst einzuhalten versucht***. Diese weichen Beschränkungen sind oft realistischer und ermöglichen Evolver, eine größere Anzahl von Optionen auszuprobieren. Im Falle eines sehr beschränkten Problems (bei dem es nur wenige mögliche Lösungen gibt, die allen Ihren Anforderungen entsprechen würden), wird der gentechnische Algorithmus in Evolver wahrscheinlich schneller die beste Lösung finden, wenn Feedback über einige Lösungen vorhanden ist, die den Beschränkungen *ungefähr* entsprechen.

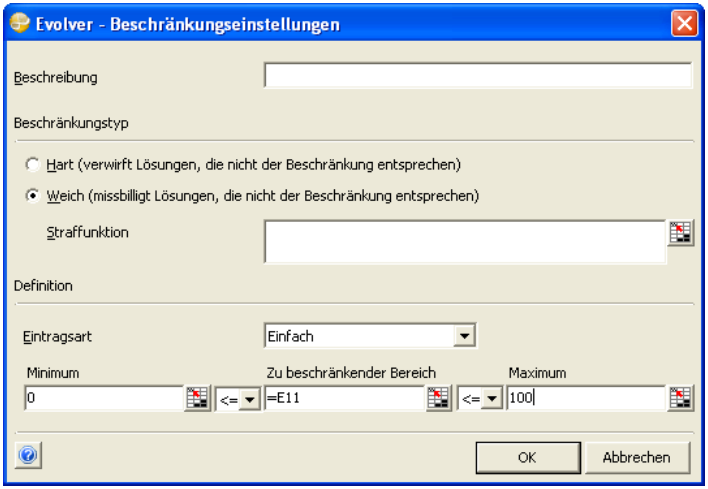
Wenn es sich bei den Beschränkungen um Planungsziele handelt, wie z. B. „doppelt so viele Gabeln wie Messer herstellen“, ist es oft nicht so wichtig, den Beschränkungen hundertprozentig zu entsprechen, besonders wenn die Ausarbeitung eines völlig ausgeglichenen Herstellungsplans einen ganztägigen Optimierungsprozess erfordern würde. In diesem Fall ist eine gute Problemlösung, die der Beschränkung *nahezu* entspricht (z. B. Herstellungsaufteilung: 40% Gabeln, 23% Messer, 37% Löffel), gewöhnlich besser als den ganzen Tag warten zu müssen, um schließlich herauszufinden, dass vielleicht überhaupt keine hundertprozentig Lösung möglich ist, da absolut nicht *allen* Beschränkungen entsprochen werden kann.

Strafklauseln

Weiche Beschränkungen können in Excel mühelos implementiert werden, und zwar durch Verwendung von ***Strafklauseln***. Anstatt Evolver anzuweisen, bestimmte Werte bei der Lösungssuche absolut nicht zu verwenden, sollte dem Programm erlaubt werden, solche „ungültigen“ Werte zu untersuchen. Aber die sich daraus ergebenden Lösungen sollten dann entsprechend „bestraft“ werden. Angenommen, es soll die effizienteste Methode zur Verteilung von Material gefunden werden, mit der Beschränkung, dass nur drei Lkws verwendet werden können. Ein besseres Modell dafür würde eine Strafklausel enthalten, die die Verwendung von mehr als drei Lkws gestattet, aber dafür auch die hohen zusätzlichen Kosten mit einbezieht. Strafklauseln können im Dialogfeld **Beschränkungseinstellungen** angegeben oder auch direkt in das

Modell eingegeben werden, und zwar durch Formeln, die solche Strafklauseln darstellen.

Eingabe einer Strafklausel

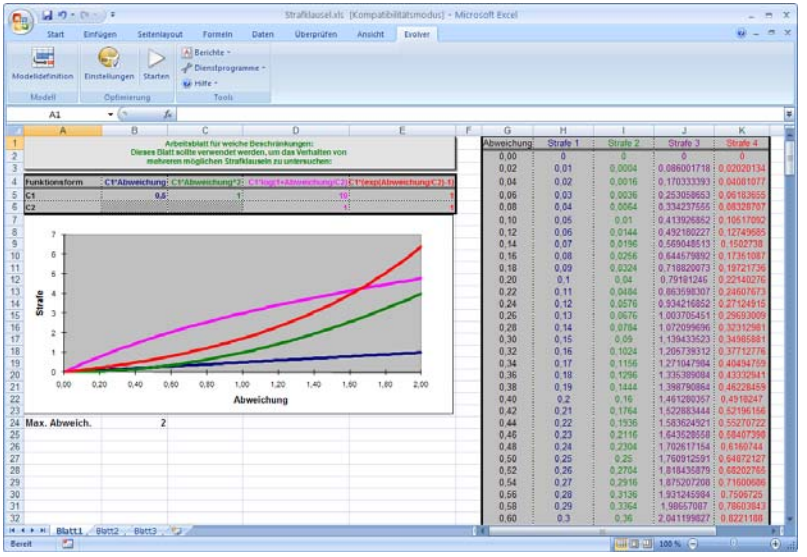


Evolver arbeitet mit einer Standardstrafklausel, die beim ersten Eingeben einer weichen Beschränkung angezeigt wird. Es kann jedoch auch irgendeine gültige Excel-Formel eingegeben werden, um die Strafpunkte zu berechnen, die bei Nichteinhaltung der weichen Beschränkung angewendet werden sollen. Die eingegebene Strafklausel sollte das Schlüsselwort ***deviation*** (Abweichung) enthalten, durch das dargestellt wird, wie viel die Beschränkung überschritten wurde. Am Ende der Simulation einer Probelösung wird durch Evolver geprüft, ob die weiche Beschränkung eingehalten wurde. Ist das nicht der Fall, wird die Höhe der Abweichung in die Strafformel eingegeben und dann berechnet, wie viele Strafpunkte auf die Simulationsstatistik für die zu minimierende oder maximierende Zielzelle anzuwenden sind.

Diese Strafpunkte werden anschließend der berechneten Statistik entweder hinzugefügt oder davon abgezogen, um diese weniger optimal zu machen. Wenn beispielsweise im Dialogfeld **Evolver – Modell** im Feld *Suchen nach* die Option *Maximum* ausgewählt wurde, werden die Strafpunkte von der berechneten Zielzellenstatistik abgezogen.

Anzeige der Auswirkungen einer eingegebenen Strafklausel

Evolver enthält das Excel-Arbeitsblatt Strafklausel.xls, das dazu verwendet werden kann, die Auswirkungen verschiedener Strafklauseln auf bestimmte weiche Beschränkungen und Zielzellenergebnisse auszuwerten.



Strafklausel.xls ermöglicht Ihnen, in Ihrem Modell eine weiche Beschränkung auszuwählen, deren Auswirkungen Sie analysieren möchten. Die Strafklausel kann dann geändert werden, um zu sehen, wie dadurch aus einem bestimmten Weichbeschränkungs-Nichteinhaltungswert eine spezielle Strafpunktstatistik für die Zielzelle entsteht. Wenn die weiche Beschränkung z. B. A10<100 ist, kann Strafklausel.xls verwendet werden, um festzustellen, was der Zielwert sein würde, wenn ein Wert von 105 für Zelle A10 berechnet werden würde.

Anzeige der angewendeten Strafpunkte

Wenn die Strafpunkte wegen einer nicht eingehaltenen weichen Beschränkung auf die Zielzelle angewendet werden, sind diese Strafpunkte im Evolver-Überwachungsprogramm zu sehen. Auch werden die Strafpunktwerte in den Arbeitsblättern des Optimierungsprotokolls angezeigt, die nach der Optimierung erstellt werden können.

Eingabe von weichen Beschränkungen in das Arbeitsblatt

Strafklauseln können auch direkt in das Arbeitsblatt eingegeben werden. Durch eine Boolesche Strafklausel werden einem Szenario bestimmte Strafpunktwerte zugewiesen, wenn dieses Szenario nicht der angegebenen Beschränkung entspricht. Wenn beispielsweise der Wert in Zelle B1 (Zulieferungen) mindestens so groß wie der Wert in Zelle A1 (Nachfrage) sein soll, könnten Sie in einer anderen Zelle folgende Strafklausel erstellen: *=IF(A1>B1, -1000, 0).* Wenn dann das Ergebnis dieser Zelle zur Statistik der Zielzelle hinzugefügt wird, würde dadurch die Statistik der zu maximierenden Zielzelle einen Wert von 1.000 unterhalb des Realergebnisses anzeigen, sobald Evolver eine Lösung versucht, die dieser Beschränkung (d. h. Zulieferungen = Nachfrage) nicht entspricht. Jede Lösung, die nicht dieser Beschränkung entspricht, würde somit einen niedrigen Wert für die Zielzellstatistik generieren, und Evolver würde dadurch diese Organismen schließlich nicht weiter „fortpflanzen".

Sie können auch die Skalierstraffunktion verwenden, durch die eine Lösung genauer danach bestraft wird, wie sehr gegen die Beschränkung verstoßen wurde. Dies ist in Realität oft praktischer, denn eine Lösung, bei der die Zulieferungen nicht ganz der Nachfrage entsprechen, würde besser sein als eine Lösung, bei der die Zulieferungen weit unter der Nachfrage liegen. Durch eine einfache Skalierstraffunktion wird die absolute Differenz zwischen dem Zielwert und dem aktuellen Wert der Beschränkung berechnet. Wenn beispielsweise bei dem gleichen Problem A1 (Nachfrage) nicht höher als B1 (Zulieferungen) sein darf, könnte folgende Strafklausel zugewiesen werden: *=IF(A1>B1, (A1-B1)^2, 0)*. Durch diese Art von Strafklausel wird gemessen, um wie viel die Beschränkung nicht eingehalten wird. Diese Differenz wird dann durch Quadrieren aufgebauscht. Dadurch ändert sich dann die Strafe danach, wie sehr eine Lösung gegen die Beschränkung verstößt.

Weitere Beispiele von Strafklauseln

Angenommen, Sie haben ein Fertigungsmodell erstellt, und zwar mit der Beschränkung, dass genau soviel Holz wie Kunststoff verwendet werden soll. Dieser Beschränkung wird entsprochen, wenn **AmountWood** = **AmountPlastic** ist. Da wir Lösungen finden wollen, bei denen genauso viel Holz wie Kunststoff verwendet wird, erstellen wir eine Strafklausel, die Lösungen davon abhalten soll, von unserem Ziel abzuweichen Durch die Formel „=ABS(AmountWood-AmountPlastic)“ wird die absolute (positive) Differenz zwischen verwendeter Menge an Holz und Kunststoff berechnet. Mittels Funktion ABS() erhalten wird denselben Strafwert, ganz gleich, ob AmountWood um 20 größer als AmountPlastic oder AmountPlastic um 20 kleiner als AmountWood ist. Wenn wir dann das Modell optimieren, ist es unser Ziel, den Mittelwert der Simulationsergebnisse dieser absoluten Differenz zu minimieren.

Angenommen, wir bürden der Lösung stattdessen folgende Beschränkung auf: Es muss doppelt so viel Holz wie Kunststoff verwendet werden. Die Strafklausel würde dann wie folgt aussehen:

```
=ABS(AmountWood-AmountPlastic*2)
```

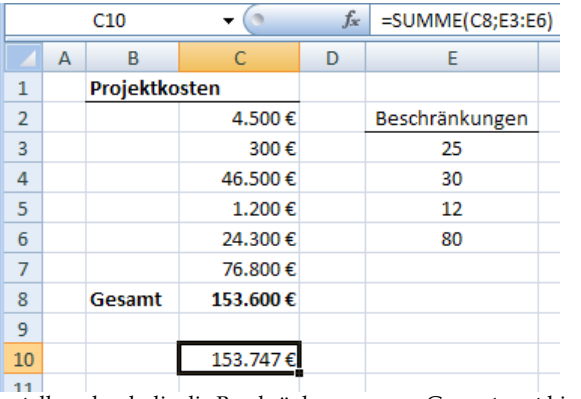
Eine andere mögliche Beschränkung könnte sein, dass ***nicht weniger als*** doppelt so viel Holz wie Kunststoff verwendet werden soll. Während beim vorherigen Beispiel eine Strafe bei zu viel Holz auferlegt wurde, geht es hier nur darum, dass genügend Holz vorhanden sein muss. Selbst wenn hier AmountWood zehnmal so groß wie AmountPlastic ist, würden sich daraus keine Strafpunkte ergeben. Die entsprechende Strafklausel würde wie folgt aussehen:

```
=IF(AmountWood<AmountPlastic*2,
ABS(AmountPlastic*2-AmountWood),0)
```

Sofern AmountWood mindestens doppelt so groß wie AmountPlastic ist, wird durch die Strafklausel der Wert 0 zurückgegeben. Andernfalls misst die Funktion, um wie viel geringer als doppelt der Wert für AmountWood im Vergleich zu AmountPlastic ist.

Verwendung von Strafklauseln

Nachdem Sie in Ihrem Modell Strafklauseln erstellt haben, die die weichen Beschränkungen beschreiben, können Sie diese Klauseln in die normale Zielzellformel einfügen, um so eine beschränkte Zielzellformel zu erhalten. Wenn in dem nachstehenden Beispiel in Zelle C8 die Gesamtkosten eines Projekts berechnet werden und die Zellen E3:E6 fünf Strafklauseln enthalten, können Sie in Zelle C10 z. B. eine Formel wie =SUM(C8; E3:E6) erstellen.



	A	B	C	D	E
1		**Projektkosten**			
2			4.500 €		Beschränkungen
3			300 €		25
4			46.500 €		30
5			1.200 €		12
6			24.300 €		80
7			76.800 €		
8		**Gesamt**	**153.600 €**		
9					
10			153.747 €		

Eine Zelle erstellen, durch die die Beschränkungen zum Gesamtwert hinzugefügt werden und der Mittelwert der Simulationsergebnisse für diese Zelle minimiert wird.

Hierdurch werden die Strafpunkte in Spalte E zu den Kosten in C8 hinzugefügt, um so die mit Strafpunkten versehene Kostenfunktion in C10 zu erhalten. Wenn es sich hier um ein Maximierungsproblem handeln würde, würden die Strafpunkte nicht zur ursprünglichen Zielzelle hinzugezählt, sondern davon abgezogen. Bei Verwendung von Evolver brauchen Sie dagegen nur diese beschränkte Zelle C10 als die neue Zielzelle auswählen, deren Simulationsstatistik optimiert werden soll.

Wenn Evolver versucht, eine beschränkte Statistik für die Zielzelle zu optimieren, steuern die Strafklauseln die Suche in Richtung der Szenarien, die den Beschränkungen entsprechen. Schließlich wird Evolver dann zu Lösungen kommen, die gute Antworten darstellen und fast allen Beschränkungen genau entsprechen (d. h. die Strafklauseln werden Werte zeigen, die nahe an 0 liegen).

Mehrfache Zielprobleme

Im Zielzellenfeld von Evolver kann nur eine Zelle angegeben werden, aber Sie können trotzdem mit mehreren Zielen arbeiten, indem Sie eine Funktion erstellen, durch die zwei Zielwerte zu einem Zielwert zusammengeführt werden. Angenommen, Sie sind ein Kunststoffwissenschaftler und versuchen, eine Substanz zu entwickeln, die flexibel, aber auch sehr haftbar ist. Durch Ihr Modell werden Haltbarkeit, Flexibilität und Gewicht berechnet, die sich aus verschiedenen chemischen Kombinationen ergeben würden. Die anpassbaren Variablen des Problems bestehen aus den zu verwendenden Mengen der einzelnen Chemikalien.

Da Sie die Haltbarkeit der Substanz (Zelle S3), aber auch deren Flexibilität (Zelle F3) maximieren möchten, würden Sie in diesem Fall eine neue Zelle erstellen, die folgende Formel enthält: =(S3+F3). Das würde dann Ihre neue Zielzelle sein und je höher dieser Wert steigt, desto besser die Gesamtlösung.

Falls Flexibilität wichtiger als Haltbarkeit ist, könnten wir die Formel in der Zielzelle auch auf =(S3+(F3*2)) ändern. Dadurch würden Szenarien, die die Flexibilität in bestimmter Weise erhöhen würden, besser aussehen (d. h. eine höher Fitnesswertung ergeben) als Szenarien, die nur die Haltbarkeit entsprechend erhöhen.

Wenn Sie die Haltbarkeit der Substanz (Zelle S5) maximieren, aber gleichzeitig das Gewicht der Substanz (Zelle W3) minimieren möchten, würden Sie eine neue Zelle mit folgender Formel erstellen: =(S5^2)-(W5^2). Diese Formel würde einen höheren Wert für „haltbar und leicht“ und einen niedrigeren Wert für „haltbar und schwer“ sowie gleichermaßen durchschnittliche Werte für „nicht so haltbar, aber leicht“ und „haltbar, aber schwer“ ergeben. Sie würden daher diese neue Zelle als die Zielzelle verwenden und deren Mittelwert so maximieren, dass möglichst beide Zielwerte erreicht werden.

Optimierungsbeschleunigung

Bei der Problemlösung mittels Evolver verwenden Sie sowohl die Evolver-Bibliothek der kompilierten Routinen (um den Prozess zu steuern) als auch die Kalkulationstabellen-Auswertungsfunktion in Excel (um verschiedene Szenarien zu untersuchen). Ein großer Prozentsatz der durch Evolver verwendeten Zeit wird eigentlich von Excel zur Neuberechnung Ihrer Kalkulationstabelle benutzt. Sie können Evolver auf verschiedene Weise helfen, die Optimierung zu beschleunigen, und gleichzeitig auch für einen schnelleren Neuberechnungsprozess in Excel sorgen.

- Die Geschwindigkeit von Evolver hängt direkt von der Geschwindigkeit des Prozessors in Ihrem Computer ab. Ein Pentium/2,0 GHz ist ungefähr doppelt so schnell wie ein Pentium/1,0 GHz. Das bedeutet, dass Evolver in der Lage ist, bei 2,0 GHz im gleichen Zeitraum zweimal so viele Versuche auszuwerten.
- Sobald sich Evolver einer Lösung angenähert hat und die beste Lösung durch die letzten 1000 Versuche nicht mehr verbessert werden konnte, sollten Sie vielleicht die Mutationsrate erhöhen, um Evolver zu ermöglichen, die Lösungssuche zu erweitern, anstelle in der aktuellen Population weiter nach verfeinerten Lösungen zu suchen, was hauptsächlich durch **Crossover** geschehen würde. Die Mutationsrate kann über das Evolver-Überwachungsprogramm erhöht werden, und zwar mithilfe des Befehls **Populationseinstellungen**.
- Stellen Sie die Bereiche, in die die anpassbaren Zellen fallen müssen, enger ein. Dadurch wird der Raum kleiner, in dem Evolver nach Lösungen suchen kann, und wird somit dieser Prozess beschleunigt. Achten Sie darauf, dass die Bereiche Evolver genügend Spielraum lassen, um alle realistischen Lösungen zu untersuchen.

Implementierung der Optimierung in Evolver

In diesem Abschnitt wird genauer beschrieben, wie in Evolver die Optimierungsalgorithmen implementiert werden.

HINWEIS: Diese Informationen sind nicht unbedingt erforderlich, um Evolver verwenden zu können.

Die meisten in Evolver verwendeten gentechnischen Algorithmustechniken, wie z. B. die Lösungsmethoden ***Formulierung*** und ***Reihenfolge***, beruhen auf wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Gebiete des gentechnischen Algorithmus, die in den letzten zehn Jahren stattgefunden haben. Aber die meisten in Evolver enthaltenden Lösungsmethoden in Bezug auf „Nachwuchslösungen" und die verschiedenen Gruppen von anpassbaren Zellen sowie auch die Rückverfolgungs-, Strategie- und Wahrscheinlichkeitsfunktionen sind einzigartig und nur in Evolver vorhanden.

Evolver verwendet die Stationärmethode. Das bedeutet, dass nur ein Organismus zur Zeit und nicht die ganze „Generation" ersetzt wird. Diese Technik hat sich als ebenso gut oder sogar besser als die Generationsersetzungsmethode erwiesen. Um herauszufinden, wie viele „Generationen" durch Evolver ausgeführt wurden, brauchen Sie nur die Anzahl der einzelnen Versuche durch die Populationsgröße dividieren.

Auswahl

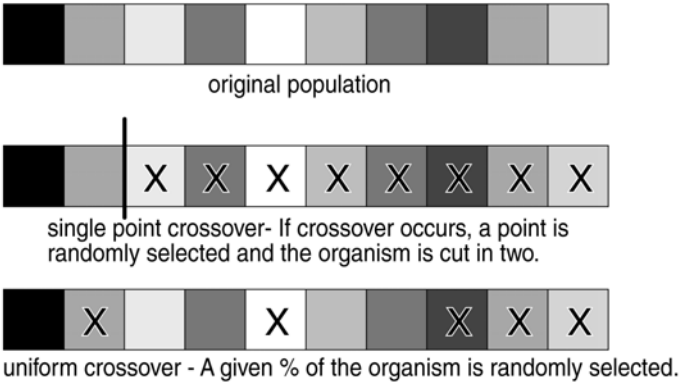
Wenn ein neuer Organismus erstellt werden soll, werden Vorgängerorganismen (Eltern) in der aktuellen Population ausgewählt. Organismen mit hoher Fitnesswertung werden als Vorgänger bevorzugt.

In Evolver werden diese Vorgänger durch einen rangbasierten Mechanismus ausgewählt. Anstelle eines gentechnischen Algorithmussystems, in dem die Vorgängerorganismen strikt nach ihrer Reproduktionsfitness ausgewählt werden, bietet die Rangordnungsmethode eine ausgeglichenere Auswahlswahrscheinlichkeitskurve. Dadurch wird vermieden, dass gleich von Anfang an nur gute Organismen in die Evolution einbezogen werden.

Crossover

Da die Variablen je nach Lösungsmethode jeweils anders angepasst werden, verwendet Evolver eine unterschiedliche Crossover-Routine, die speziell für diese Art von Problem optimiert ist.

Die elementare Lösungsmethode **Formulierung** verwendet für das Crossover eine einheitliche Crossover-Routine. Anstatt die Variablenliste im betreffenden Szenario an irgendeiner Stelle abzuhacken und dann mit den sich daraus ergebenden zwei Blöcken („Einzelpunkt"- oder „Doppelpunkt"-Crossover genannt) zu arbeiten, werden einfach zwei Gruppen erstellt, indem Elemente wahlfrei für die eine oder die andere Gruppe ausgewählt werden. Herkömmliche *x*-Punkt-Crossovers könnten die Suche evtl. durch belanglose Variablenpositionen beeinflussen, während die gleichförmige Crossover-Methode als vorteilhafter angesehen wird, weil sie das Schema besser aufrecht erhält und auch jedes beliebige Schema aus den beiden Vorgängerelementen (Eltern) generieren kann.


original population
single point crossover- If crossover occurs, a point is randomly selected and the organism is cut in two.
uniform crossover - A given % of the organism is randomly selected.

Durch die Lösungsmethode **Reihenfolge** wird das Crossover mithilfe eines Algorithmus ausgeführt, der so ähnlich wie der Reihenfolge-Crossover-Operator funktioniert, der von L. Davis im *Handbook of Genetic Algorithms* beschrieben ist.[fn] Durch diesen Operator wird ein Teil des Organismus wahlfrei in Vorgänger 1 ausgewählt und auf Vorgänger 2 (den Partner) übertragen. Anschließend werden die noch verbleibenden Teile ebenfalls in den Vorgänger 2 kopiert, und zwar in derselben Reihenfolge wie in Vorgänger 1. Dadurch bleibt etwas von den Unterreihenfolgen in den ursprünglichen Vorgängerorganismen (Eltern) erhalten, während gleichzeitig einige neue Unterreihenfolgen erstellt werden.

Mutation

Genau wie beim Crossover sind auch die Mutationsmethoden den einzelnen unterschiedlichen Lösungsmethoden angepasst. Durch die elementare Lösungsmethode **Formulierung** wird die Mutation dadurch ausgeführt, dass jede Variable einzeln betrachtet wird. In dem Organismus wird ein zufälliger Wert zwischen 0 und 1 für die einzelnen Variablen generiert und wenn eine Variable einen Wert erhält, der nicht höher als die Mutationsrate (z. B. 0,06) liegt, wird diese Variable mutiert. Art und Höhe der Mutation werden automatisch durch einen proprietären Algorithmus bestimmt. Das Mutieren einer Variable besteht darin, dass diese innerhalb des Min-Max-Bereichs durch einen zufällig oder wahlfrei generierten Wert ersetzt wird.

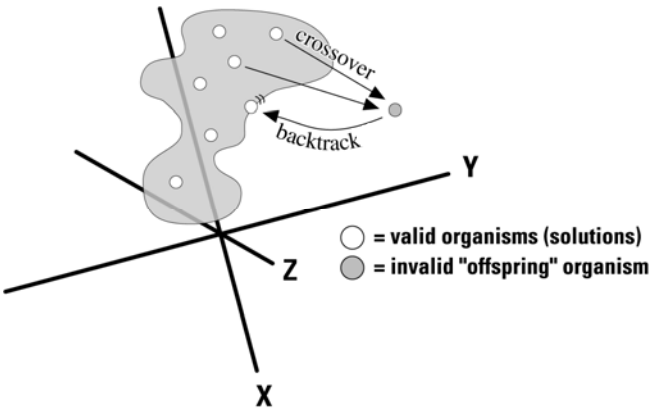
Um alle Originalwerte beizubehalten, führt die Lösungsmethode **Formulierung** die Mutation dadurch aus, dass die Positionen einiger Variablen in dem Organismus einfach ausgetauscht werden. Die Anzahl der Austausche wird proportional zur Erhöhung oder Reduzierung der Mutationsrateneinstellung im Bereich von 0 bis 1 erhöht oder reduziert.

Ersetzung

Da in Evolver eine Rangordnungs- anstelle einer Generationsersetzungsmethode verwendet wird, werden die untauglichsten Organismen stets durch den neuen Organismus ersetzt, der durch Auswahl, Crossover und Mutation erstellt wurde, und zwar ganz unabhängig von der Fitnesswertung.

Beschränkungen

Harte Beschränkungen werden mithilfe der proprietären Rückverfolgungstechnik von Palisade implementiert. Falls ein neuer Nachwuchsorganismus gegen einige extern auferlegte Beschränkungen verstößt, geht Evolver zurück zu einem der Vorgängerorganismen (Eltern) und ändert den Nachwuchsorganismus, bis dieser sich innerhalb des gültigen Lösungsraums befindet.



Anhang A: Automatisierung von Evolver

VBA

Evolver enthält eine vollständige Makrosprache, mit deren Hilfe benutzerdefinierte Anwendungen erstellt werden können, für die alle Funktionsfähigkeiten von Evolver verfügbar sind. Angepasste Evolver-Funktionen können in VBA (Visual Basic for Applications) verwendet werden, um Optimierungen einzurichten und auszuführen sowie anschließend die Optimierungsergebnisse anzuzeigen. Weitere Informationen über diese Programmierschnittstelle sind im Hilfedokument zum Entwickler-Kit zu finden, das in Evolver über das Hilfemenü verfügbar ist.

Anhang B: Problembehandlung / Fragen und Antworten

Problembehandlung / Fragen und Antworten

In diesem Abschnitt werden einige häufig gestellten Fragen hinsichtlich Evolver beantwortet und werden Sie über allgemeine Fragen, Probleme und Vorschläge auf dem Laufenden gehalten. Nachdem Sie diesen Abschnitt durchgelesen haben, können Sie nötigenfalls den Kundendienst von Palisade unter den im ersten Kapitel dieses Handbuchs genannten Rufnummern anrufen.

F: Warum habe ich Schwierigkeiten, eine gültige Antwort von Evolver zu erhalten?

A: Achten Sie darauf, dass das Dialogfeld in Evolver ordnungsgemäß eingerichtet ist. Die meisten Probleme haben mit dem Einstellen der Variablen zu tun. Die einzelnen Gruppen von anpassbaren Zellen sollten alle exklusiv ein, d. h. es sollte keine Zelle und auch keinen Zellenbereich geben, die bzw. der durch mehr als eine Lösungsmethode wahrgenommen wird.

F: Kann Evolver auch Konzepte oder Kategorien handhaben oder nur Zahlen?

A: Evolver kann indirekt mit allen möglichen Daten arbeiten, da Zahlen in dem Programm nur Symbole sind. Verwenden Sie die Verweistabelle in Excel, um Ganzzahlen in Textzeichenfolgen umzusetzen. Evolver (genau wie alle anderen Computerprogramme) kann letzten Endes nur mit Zahlen arbeiten, aber Ihre Schnittstelle kann diese Zahlen dazu verwenden, jede beliebige Zeichenfolge darzustellen und anzuzeigen.

F: Warum findet Evolver mitunter unterschiedliche Lösungen, obwohl ich in die Dialogfelder immer dasselbe eingebe und auch die zur Ausführung verwendete Zeitspanne stets die gleiche ist?

A: Genau wie bei der natürlichen Auslese in der biologischen Welt, wird in Evolver der gentechnische Algorithmus beim Suchen nach Lösungen nicht immer denselben Weg gehen (es sei denn, Sie verwenden einen festen Ausgangszufallswert). Sonderbarerweise ist es gerade diese Unberechenbarkeit, die Evolver ermöglicht, viele verschiedene Arten von Problemen zu lösen und oft auch bessere Lösungen zu finden, als durch herkömmliche Techniken möglich ist. Das gentechnische Algorithmussystem von Evolver führt nicht nur eine Reihe von vorprogrammierten Befehlen aus oder holt sich Werte aus einer mathematischen Formel, sondern experimentiert auch auf effiziente Weise gleichzeitig mit vielen wahlfreien hypothetischen Szenarien, um dann mithilfe von vielen „Natürliche Auslese"-Operatoren die Suche noch zu verfeinern. Auch enthalten diese Operatoren oft Zufallselemente.

F: Warum ändert sich die bisher beste Lösung nicht mehr?

A: Vielleicht haben Sie im Dialogfeld **Evolver– Modell** die falsche Zielzelle angegeben. Evolver sieht dann nur diese leere Zelle und der Wert kann sich nicht ändern, weil dort keine Formel vorhanden ist. Um dieses Problem beizulegen, sollten Sie das Dialogfeld **Evolver – Modell** anzeigen und dann eine ordnungsgemäße Zielzelle auswählen, die genau zeigt, wie gut bzw. schlecht die einzelnen möglichen Lösungen sind. Eine ordnungsgemäße Zelle enthält eine Formel, die direkt oder indirekt von den Variablen abhängt, die durch Evolver angepasst werden sollen (anpassbare Zellen).

F: Einige Zellen in meinem Kalkulationstabellenmodell enthalten ####-Symbole.

A: Wenn die Zelle zu klein ist, um den gesamten Inhalt anzuzeigen, sind mehrere **####**-Zeichen zu sehen. Sie sollten in diesem Fall die Zelle vergrößern.

F: Evolver arbeitet ok, aber gibt es einen einfachen Weg, um bessere Ergebnisse zu erzielen?

A: Versuchen Sie, die Beschränkungen im Problem, einschließlich der Variablenbereiche, etwas zu lockern. Ändern Sie die harten in weiche Beschränkungen, und zwar mithilfe von Strafklauseln (siehe **Hinzufügen von Beschränkungen** in Kapitel 8: Evolver-Extras). Evolver kann vielleicht durch zu viele Beschränkungen nicht alle Möglichkeitsbereiche untersuchen, die evtl. bessere Ergebnisse bringen würden. Je mehr Zeit Sie Evolver zum Untersuchen der Möglichkeiten geben, desto wahrscheinlicher ist es, dass eine optimale Lösung gefunden wird. Weitere Anregungen in Bezug auf Feinabstimmung von Evolver sind in Kapitel 8: Evolver-Extras zu finden.

Je mehr Szenarien durch Evolver ausgeführt werden können, desto besser. Sie können den Evolver-Prozess beschleunigen, indem Sie unter **Anzeige aktualisieren** die Option **Jede Neuberechnung** deaktivieren.

Anhang C: Zusätzliche Ressourcen

Zusätzliche Lernhilfen

In folgender Liste sind einige interessante, ausgewählte Lesematerialien in Bezug auf gentechnische Algorithmen und künstliches Leben aufgeführt. Ein Stern (*) bedeutet, dass die Lektüre von Palisade empfohlen wird.

Bücher

• Bolles, R.C., & Beecher, M.D. (Eds.). (1988). „Evolution and Learning“, Lawrence Erlbaum

• Beer, R.D. (1990). „Intelligence as Adaptive Behavior: An Experiment in Computational Neuroethology“, Academic Press

Davis, Lawrence (1987), „Genetic Algorithms and Simulated Annealing“, Palo Alto, CA: Morgan Kaufman

Davis, Lawrence (1991), „Handbook of Genetic Algorithms“, New York: Van Nostrand Reinhold

• Darwin, Charles (1985), „On The Origin of Species“, London: Penguin Classics, (urpsrünglich 1859)

* Dawkins, Richard (1976). „The Selfish Gene“, Oxford University Press

• Eldredge, N. (1989), „Macroevolutionary Dynamics: Species, Niches, and Adaptive Peaks“, McGraw-Hill

• Fogel, L., Owens, J. und Walsh, J. (1966), „Artificial Intelligence through Simulated Evolution“, New York: John Wiley and Sons

• Goldberg, David (1989), „Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning“, Reading, MA: Addison-Wesley Publishing

• Holland, J.H. (1975). „Adaptation in Natural and Artificial Systems“, Ann Arbor, MI: University of Michigan Press

• Koza, John (1992), „Genetic Programming“, Cambridge, MA: MIT Press

* Langton, C.L. (1989). „Artificial Life“, MIT Press [ALife I]

• Levy, Steven (1992), „Artificial Life“, New York: Pantheon

• Meyer, J.-A., & S.W. Wilson (Eds.). (1991). „Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior: From Animals to Animats“, MIT Press/Bradford Books

* „Proceedings of the Sixth International Conference (ICGA) on Genetic Algorithms“ (1995), San Mateo, CA: Morgan Kaufman Publishing (Die ersten fünf ICGA-Tagungsberichte sind ebenfalls verfügbar).

• „Proceedings of the Workshop on Artificial Life“ (1990), Christopher G. Langton, Senior Editor, Reading, MA: Addison-Wesley Publishing

• Rawlins, Gregory (1991), „Foundations of Genetic Algorithms“, San Mateo, CA: Morgan Kaufman Publishing

• Richards, R.J. (1987). „Darwin and the Emergence of Evolutionary Theories of Mind and Behavior“, U. Chicago Press

• Williams, G.C. (1966). „Adaptation and Natural Selection“, Princeton U. Press

Artikel

* Antonoff, Michael (Oktober 1991), „Software by Natural Selection“, Popular Science, Seite 70-74

• Arifovic, Jasmina (Januar 1994), „Genetic Algorithm Learning and the Cobweb Model“, in Journal of Economic Dynamics & Control v18, Seite 3

* Begley, S (8. Mai 1995), “Software au Naturel”, in Newsweek, Seite 70

• Celko, Joe (April 1993), „Genetic Algorithms and Database Indexing“, in Dr. Dobb's Journal, Seite 30

• Ditlea, Steve (November 1994), „Imitation of Life“, in Upside Magazine, Seite 48

• Gordon, Michael (June 1991), „User-based Document Clustering by Redescribing Subject Descriptions with a Genetic Algorithm“, in Journal of the American Society for Information Science v42, Seite 311

• Hedberg, Sara (September 1994), „Emerging Genetic Algorithms“, in AI Expert, Seite 25-29.

• Hinton, G.E., & Nowlan, S.J. (1987). „How Learning Can Guide Evolution“, in Complex Systems 1: Seite 495-502

• Gordon, Michael (Juni 1995) „Genetic Algorithms: Digital Darwinism“ in Hitchhicker's Guide to Artificial Intelligence, Miller Freeman Publishers

• Kennedy, Scott (Dezember 1993), „Five Ways to a Better GA“ in AI Expert, Seite 35-38

• Lane, A (Juni 1995), „The GA Edge in Analyzing Data“, in AI Expert, Seite 11

• Lee, Y.C. (Ed.). (1988). „Evolution, learning, and cognition“, in World Scientific

- Levitin, G and Rubinovitz, J (August 1993), „Genetic Algorithm for Linear and Cyclic Assignment Problem“, in Computers & Operations Research v20, Seite 575
- Marler, P., & H.S. Terrace. (Eds.). (1984). „The Biology of Learning“, Springer-Verlag
- Mendelsohn, L. (Dezember 1994), „Evolver Review“ in Technical Analysis of Stocks and Commodities, Seite 33
- Maynard Smith, J. (1987), „When Learning Guides Evolution“, in Nature 329: Seite 761-762
- Gordon, Michael (Juni 1994), „Tuning Neural Networks with Genetic Algorithms“, in AI Expert, Seite 27
- Wayner, Peter (Januar 1991), „Genetic Algorithms: „Programming Takes a Valuable Tip from Nature“, in Byte Magazine, v16, Seite 361

Magazine und Mitteilungsblätter

- „Advanced Technology for Developers“ (monatliches Mitteilungsblatt), Jane Klimasauskas, Ed., High-Tech Communications, 103 Buckskin Court, Sewickley, PA 15143 (412) 741-7699
- „AI Expert“ (monatliches Magazin), Larry O'Brien, Ed., 600 Harrison St., San Francisco, CA 94107 (415) 905-2234. *„AI Expert“ wird seit Frühling 1995 nicht mehr herausgegeben, aber die alten Ausgaben enthalten viele nützliche Artikel. Miller-Freeman, San Francisco
- „Applied Intelligent Systems“ (zweimonatliches Mitteilungsblatt), New Science Associates, Inc. 167 Old Post Rd., Southport, CT 06490 (203) 259-1661
- „Intelligence“ (monatliches Mitteilungsblatt), Edward Rosenfeld, Ed., PO Box 20008, New York, NY 10025-1510 (212) 222-1123
- „PC AI Magazine“ (monatliches Magazin), Joseph Schmuller, Ed., 3310 West Bell Rd., Suite 119, Phoenix, AZ 85023 (602) 971-1869
- „Release 1.0“ (monatliches Mitteilungsblatt), Esther Dyson, Ed., 375 Park Avenue, New York, NY 10152 (212) 758-3434
- „Sixth Generation Systems“ (monatliches Mitteilungsblatt), Derek Stubbs, Ed., PO Box 155, Vicksburg, MI, 49097 (616) 649-3592

Einführung in die Simulation

Wenn die Simulation etwas Neues für Sie ist oder wenn Sie nach weiteren Hintergrundinformationen über diese Methode suchen, sind die folgenden Bücher und Artikel zu empfehlen:

* Baird, Bruce F., Managerial Decisions Under Uncertainty: John Wiley & Sons, Inc. 1989

* Clemen, Robert T., Making Hard Decisions: Duxbury Press, 1990

Hertz, D.B., „Risk Analysis in Capital Investment“: HBR Classic, „Harvard Business Review“, September/Oktober 1979, Seite 169-182.

Hertz, D.B. und Thomas, H., Risk Analysis and Its Applications: John Wiley & Sons, New York, NY, 1983

- Megill, R.E. (Editor), Evaluating and Managing Risk: PennWell Books, Tulsa, OK, 1984

- Megill, R.E., An Introduction to Risk Analysis, 2nd Ed.: PennWell Books, Tulsa, OK, 1985

- Morgan, M. Granger und Henrion, Max, mit einem Kapitel von Mitchell Small, Uncertainty: Cambridge University Press, 1990

Newendorp, P.D., Decision Analysis for Petroleum Exploration: Petroleum Publishing Company, Tulsa, Okla., 1975

- Raiffa, H., Decision Analysis: Addison-Wesley, Reading, Mass., 1968

Technische Unterlagen über Simulation und Monte Carlo-Methode

Wenn Sie an eingehenden technischen Unterlagen über Simulation, Probenerhebungsmethoden und Statistiktheorie interessiert sind, finden Sie möglicherweise unter folgenden Büchern das Richtige:

- Iman, R. L., Conover, W.J. „A Distribution-Free Approach To Inducing Rank Correlation Among Input Variables“: Commun. Statist.-Simula. Computa.(1982) 11(3), 311-334

* Law, A.M. und Kelton, W.D., Simulation Modeling and Analysis: McGraw-Hill, New York, NY, 1991,1982

Rubinstein, R.Y., Simulation and the Monte Carlo Method: John Wiley & Sons, New York, NY, 1981

Technische Unterlagen über die Probenerhebungsmethode „Latin Hypercube“

Wenn Sie mehr über die verhältnismäßig neue Probenerhebungsmethode „Latin Hypercube“ wissen möchten, empfehlen wir eine der folgenden Lesequellen:

- Iman, R.L., Davenport, J.M., und Zeigler, D.K. „Latin Hypercube Sampling (A Program Users Guide)“: Technical Report SAND79-1473, Sandia Laboratories, Albuquerque (1980)
- Iman, R.L. und Conover, W.J., „Risk Methodology for Geologic Disposal of Radioactive Waste: A Distribution - Free Approach to Inducing Correlations Among Input Variables for Simulation Studies“: Technical Report NUREG CR 0390, Sandia Laboratories, Albuquerque (1980)
- McKay, M.D, Conover, W.J., und Beckman, R.J. „A Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code“: Technometrics (1979) 211, 239-245
- Startzman, R. A. und Wattenbarger, R.A., „An Improved Computation Procedure for Risk Analysis Problems With Unusual Probability Functions“: SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium Proceedings, Dallas (1985)

Beispiele und Fallstudien bezüglich Verwendung von Simulationen

Die folgende Lektüre befasst sich mit Fallstudien unter Verwendung der Simulation in Alltagssituationen:

Hertz, D.B. und Thomas, H., Practical Risk Analysis - An Approach Through Case Histories: John Wiley & Sons, New York, NY, 1984

* Murtha, James A., Decisions Involving Uncertainty, An @RISK Tutorial for the Petroleum Industry: James A. Murtha, Houston, Texas, 1993

Newendorp, P.D., Decision Analysis for Petroleum Exploration: Petroleum Publishing Company, Tulsa, Okla., 1975

• Pouliquen, L.Y., „Risk Analysis in Project Appraisal“: „World Bank Staff Occasional Papers Number Eleven“, John Hopkins Press, Baltimore, MD, 1970

* Trippi, Robert R. und Truban, Efraim, Neural Networks: In Finance and Investing: Probus Publishing Co., 1993

Glossar

Weitere Informationen über diese Ausdrücke sind im Evolver-Index (nächstes Kapitel) zu finden.

Abhängige Variable Eine abhängige Variable hängt in irgendeiner Form von den Werten anderer Variablen ab. Es kann z. B. sein, dass der Wert einer unbestimmten abhängigen Variable in Form einer Funktion anderer unbestimmter Modellvariablen aus einer Gleichung berechnet wird. Es ist aber auch möglich, dass die abhängige Variable aus einer Verteilung erhoben wird, und zwar auf Basis einer Zufallszahl, die mit einer anderen Zufallszahl, die zur Probenerhebung bei einer unabhängigen Variable verwendet wird, in Korrelation steht. *Siehe „Unabhängige Variable“*

Algorithmus Eine mathematische schrittweise Problemlösungsmethode. Alle Computerprogramme werden z. B. durch Kombination vieler Algorithmen entwickelt.

Anpassbare Zelle Eine Kalkulationstabellenzelle, deren Wert durch Evolver angepasst werden kann, um den Wert der Zielzelle zu optimieren. Eine anpassbare Zelle ist ein variabler Wert und sollte immer eine einfache Zahl (und keine Gleichung) enthalten.

Baby-Solver *Jargon* – Einfache Softwareprogramme, um die Eingaben zu suchen, die die gewünschte Ausgabe ergeben, und zwar durch Verwendung einer Kombination von linearen Programmierungstechniken oder elementaren „Hill-Climbing“-Algorithmen. Baby-Solvers gehen oft von Schätzungen aus und verfeinern dann die Antwort, um zu einer „Lokallösung“ anstatt einer „Globallösung“ zu kommen.

Bereiche

Im Evolver-Programm:
Der Benutzer stellt den Bereich oder den höchsten und den geringsten Wert ein, der in Evolver beim Anpassen einer bestimmten Variable ausprobiert werden soll. Das Einstellen dieser Bereiche ist zwar nicht unbedingt notwendig, um ein Problem zu lösen, begrenzt aber die Möglichkeiten und beschränkt dadurch in Evolver die Suche, wodurch diese beschleunigt wird.

Im Excel-Programm:
Ein Bereich ist ein Block von zusammenhängenden Zellen in einem Arbeitsblatt, der durch die obere linke und die untere rechte Zelle begrenzt wird (A5:C9 beschreibt zum Beispiel einen Bereich von 15 Zellen).

Beschränkungen

Beschränkungen sind Bedingungen, die eingehalten werden sollten (weicher Beschränkungen) oder eingehalten werden müssen (harte Beschränkungen), damit ein Szenario als gültig angesehen werden kann.

Crossover

Im genbasierten Zusammenhang ist „Crossing-over" ein Austausch von gleichwertigem genetischen Material zwischen homologen Chromatiden während der Meiose. In Evolver wird der Begriff „Crossover" dazu verwendet, um das rechnerische Crossover-Äquivalent zum Ausdruck zu bringen, bei dem ein Austausch zwischen Variablen neue Szenario-Kombinationen ermöglicht.

Deterministisch

Der Begriff „deterministisch" weist darauf hin, dass ein gegebener Wert oder eine gegebene Variable mit keiner Unbestimmtheit verknüpft ist.

Dialogfeld

Das Fenster auf dem Computerbildschirm, in dem der Benutzer aufgefordert wird, Informationen einzugeben. Wird auch „Dialogfenster" genannt. In Evolver sind zwei hauptsächliche Dialogfelder vorhanden, das Dialogfeld **Evolver – Modell** und das Dialogfeld **Anpassbare Zellen**.

Diskontinuierliche Verteilung

Eine diskontinuierliche Verteilung ist eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, bei der nur eine endliche Anzahl von diskreten Werten zwischen dem Minimum und dem Maximum möglich ist.
Siehe „Kontinuierliche Verteilung"

Feld

Die elementare Einheit der Dateneingabe. Ein Feld kann je nach Feldtyp Text, Bilder oder Zahlen enthalten. In Evolver-Dialogfenstern sind die meisten Felder dazu da, die Position von Kalkulationstabellenzellen einzugeben oder auch Optionen darüber, wie Evolver sich verhalten soll.

Fitnessfunktion

Dies ist eine Formel, durch die berechnet werden kann, wie gut oder schlecht eine für das gegebene Problem vorgeschlagene Lösung ist. Der Begriff wird oft auf dem Gebiet des gentechnischen Algorithmus sinngemäß zu Fitness bei der natürlichen Auslese verwendet. Das Einrichten einer präzisen Fitnessfunktion ist bei Verwendung eines gentechnischen Algorithmus zur Problemlösung äußerst wichtig. Das Simulationsergebnis dieser Fitnessfunktion wird zum Zielwert, der dann optimiert werden soll.

Funktionen

In Excel handelt es sich bei einer Funktion um eine vordefinierte Formel, in die ein Wert eingegeben wird, um den Vorgang auszuführen und dann einen Wert zurückzuerhalten. Excel enthält Hunderte von vordefinierten Formeln (wie z. B. SUM), durch die Zeit und Platz gespart wird und die auch schneller ausgeführt werden können. Anstelle von A1+A2+A3+A4+A5+A6 kann beispielsweise SUM(A1:A6) eingegeben und so das gleiche Ergebnis erzielt werden.

Generation

Auf dem Gebiete des gentechnischen Algorithmus wird jede neue Population von „Nachwuchs"-Lösungen eine neue „Generation" genannt. Bei einigen gentechnischen Algorithmus-Routinen werden alle Organismen in einer Population sofort automatisch „gepaart", um so eine neue „Generation" von Nachwuchsorganismen zu generieren, durch die dann die vorherige Population ersetzt wird. In Evolver wird jeweils nur ein Organismus zur Zeit ausgewertet und ersetzt (Rangordnungsanalyse). Der Begriff „Generation" wird daher in der RISKOptimizer-Dokumentation nicht verwendet. Diese Technik funktioniert genauso gut wie die Generationsersetzungsmethode.

Genotyp

In der Biologie handelt es sich hierbei um die genetische Zusammensetzung einer Person. Der Begriff bezieht sich auf die Erbmasse einer Person. In GA-Studien wird durch den Begriff „Genotyp" das künstliche „Chromosom" beschrieben, das als mögliche Problemlösung ausgewertet wird.

Gentechnischer Algorithmus

Ein Verfahren, um die Ergebnisse einiger Arbeitsgänge zu verbessern, und zwar durch wiederholtes Ausprobieren mehrerer möglicher Lösungen sowie Reproduzieren und Mischen von verschiedenen Komponenten der besseren Lösungen. Dieser Prozess ähnelt in grober Weise der Evolution in der biologischen Welt, wo der tauglichste Organismus überlebt und sich fortpflanzt.

Globales Maximum

Der größte mögliche Wert für eine Funktion. Komplexe Funktionen oder Modelle können evtl. viele lokale Maxima, aber nur ein globales Maximum haben.

Gruppe von anpassbaren Zellen

Jeder Satz von Variablen (zusammen mit der Art ihrer Verwendungsweise) ist eine Gruppe von anpassbaren Zellen. Im Dialogfeld **Evolver – Modell** werden alle Gruppen von anpassbaren Zellen unter „Variablen“ aufgeführt. Durch diese Architektur können komplexe Probleme aufgebaut und in Form von mehreren Gruppen anpassbarer Zellen beschrieben werden.

Harte Beschränkungen

Eine Beschränkung, die unbedingt eingehalten werden muss. In einem Formulierungsproblem werden die Bereiche für Variablen beispielsweise als harte Beschränkungen angesehen. Eine Variable, die auf einen Bereich zwischen 10 und 20 eingestellt ist, darf nie einen Wert von weniger als 10 oder mehr als 20 haben.
S*iehe auch „Weiche Beschränkungen“*.

Häufigkeits-verteilung

Häufigkeitsverteilung nennt man in Evolver die Ausgabe-Wahrscheinlichkeitsverteilungen und die Eingabe-Histogrammverteilungen (HISTOGRM). Eine Häufigkeitsverteilung wird aus Daten aufgebaut, und zwar durch Anordnung von Werteklassen und durch Darstellung der Auftretenshäufigkeit in einer Klasse mittels Balkenhöhe. Die Auftretenshäufigkeit entspricht der Wahrscheinlichkeit.

Hill-Climbing-Algorithmus

Ein Optimierungsvorgang, der mit einem bestimmten Szenario beginnt und dieses Szenario wiederholt in kleinen Schritten in eine Richtung bewegt, in der das Szenario sich am meisten verbessern kann. Hill-Climbing-Algorithmen sind schnell und einfach, haben aber zwei Nachteile. Erstens ist es vielleicht schwierig, die günstigste Richtung zu finden. Und zweitens wird meistens der nächstgelegene Hügel, d. h. das lokale Maximum, in Angriff genommen. Dadurch kann der Algorithmus bei einem schwierigen Problem oft nicht das globale Maximum finden.

Höchstwahr-scheinlichkeits-wert

Der Höchstwahrscheinlichkeitswert oder Modus ist der Wert, der in einem Satz von Werten am häufigsten auftritt. In einem Histogramm und in einer Ergebnisverteilung handelt es sich dabei um den Mittelwert der Klasse oder des Balkens mit der höchsten Wahrscheinlichkeit.

Höhere Momente

Höhere Momente sind Statistiken einer Wahrscheinlichkeitsverteilung. Dieser Begriff bezieht sich meistens auf die „Schiefe“ und „Wölbung“, d. h. auf das dritte bzw. vierte Moment. Beim ersten und zweiten Moment handelt es sich um den Mittelwert und die Standardabweichung.
Siehe „Schiefe“, „Wölbung“, „Mittelwert“, „Standardabweichung“

Iteration

Eine Iteration besteht aus einer Modellneuberechnung während einer Simulation. Die Simulation besteht aus vielen Neuberechnungen oder Iterationen. Bei jeder Iteration wird jeweils eine Werteprobe aus allen unbestimmten Variablen erhoben, und zwar in Übereinstimmung mit den Wahrscheinlichkeitsverteilungen der Variablen. Anschließend wird das Modell unter Verwendung dieser Zufallswerte neu berechnet.
Wird auch „Simulationsversuch" genannt

Kontinuierliche Verteilung

Eine Wahrscheinlichkeitsverteilung, bei der jeder Wert zwischen dem Minimum und dem Maximum möglich ist (endliche Wahrscheinlichkeit).
Siehe „Diskontinuierliche Verteilung"

Latin Hypercube

Die „Latin Hypercube"-Methode ist eine relativ neue geschichtete Probenerhebungsmethode, die beim Modellieren von Simulationen verwendet wird. Durch die geschichtete Probenerhebungsmethode (im Gegensatz zur Monte Carlo-Methode) wird die Konvergenz einer Verteilung meistens durch eine geringere Anzahl von Werteproben erreicht bzw. erzwungen.
Siehe „Monte Carlo"

Lokales Maximum

Der höchstmögliche Wert einer bestimmten Funktion in einem gegebenen Wertebereich. Ein lokales Maximum ist in einer Funktion in einem Satz von Variablenwerten vorhanden, wenn durch geringe Änderung des Wertes einer oder aller Variablen das Ergebnis der Funktion nicht mehr verbessert werden kann. (siehe auch „Globales Maximum").

Lösung

Das System enthält viele Eingabevariablen, durch die eine Ausgabe generiert wird. In Evolver bezieht sich eine „Lösung" häufiger auf eine der möglichen Variablenkombinationen als auf die *beste* Kombination.

Lösungsmethode

Evolver enthält sechs dieser Methoden und jede davon verwendet einen speziell angepassten Algorithmus, um eine bestimmte Art von Problemen zu lösen. Bei einem Problem muss der Benutzer jedem ausgewählten Variablensatz die Lösungsmethode zuweisen, die für diese Variablen verwendet werden soll. Bei den sechs Lösungsmethoden handelt es sich um die Methoden „Gruppierung", „Reihenfolge", „Formulierung", „Budget", „Projekt" und „Ablaufsplan".

Mittelwert

Der Mittelwert eines Wertesatzes ist die Summe aller Werte im Satz, dividiert durch die Gesamtanzahl der Satzwerte. *Synonym: Erwarteter Wert*

Modell

In diesem Handbuch bedeutet „Modell" eine numerische Darstellung einer realen Situation in Excel.

Monte Carlo

Der Name „Monte Carlo“ bezieht sich auf die traditionelle Probenerhebung aus Zufallsvariablen in der Simulationsmodellierung. Die Werteproben werden vollkommen willkürlich quer über den Bereich der Verteilung ausgewählt. Aus diesem Grunde ist eine große Anzahl von Werteproben erforderlich, um sehr „schiefe“ oder auseinandergezogene Verteilungen konvergent zu machen.
Siehe „Latin Hypercube“

Mutation

In der biologischen Welt ist Genenmutation die Quelle von Variationen, die für effektive natürliche Auslese erforderlich sind. Ähnlicherweise werden im gentechnischen Algorithmus Mutationstechniken verwendet, um in einer Population von möglichen Szenarien die Vielfalt zu erhalten.

Natürliche Auslese

Die Abstammungstheorie, die besagt, dass die für die Umwelt besser geeigneten Organismen auch eine bessere Chance haben, sich in die nächste Generation fortzupflanzen.

Optimierung

Die Suche nach Werten für Variablen, sodass die Ausgabe einer Funktion maximiert (so groß wie möglich gemacht) oder minimiert (so klein wie möglich gemacht) werden kann. Die Optimierung durch Gleichungslösung ist bei unkomplizierter Änderung von Funktionen mit wenigen Variablen verhältnismäßig einfach, kann aber bei vielen Realproblemen recht schwierig sein. Für komplizierte Probleme wird meistens ein Suchmechanismus benötigt. In Evolver wird ein Optimierungsmechanismus verwendet, der auf einem gentechnischen Algorithmus basiert.

Organismus

Ein Speicherblock in der Population, in dem ein Satz von variablen Werten (d. h., ein Szenario) gespeichert wird.

Perzentil

Ein Perzentil ist ein Inkrement der Datensatzwerte. Durch Perzentilewerden die Daten in 100 gleiche Teile aufgeteilt, wobei jedes Perzentil dann 1% der Gesamtwerte enthält. Beim 60. Perzentil handelt es sich z. B. um den Wert im Datensatz, der 60% der Werte unter sich und 40% der Werte über sich hat.

Phänotypen

In der Biologie ist dies ein wahrnehmbarer Charakterzug eines Lebewesens, der sich aus Interaktionen zwischen Genen bzw. zwischen Genen und der Umwelt ergibt. In einer Studie von GAs wird der Begriff „Phänotyp“ dazu verwendet, die einzelnen Variablen oder „Genen“ zu beschreiben, aus denen sich eine komplette Lösung oder ein „Chromosom“ ergibt. (siehe„Genotyp“)

Population

Der gesamte Szenariensatz, der in Evolver gespeichert wird, um daraus neue Szenarien zu generieren. In Evolver wird je eine

Population von möglichen Lösungen für jede im System befindliche Gruppe von anpassbaren Zellen bereitgehalten.

Schiefe

„Schiefe“ ist ein Formmaß für eine Verteilung. Schiefe kennzeichnet den Grad der Asymmetrie in einer Verteilung. Schiefe Verteilungen haben mehr Werte auf der einen als auf der anderen Seite des Höchstwahrscheinlichkeitswertes. Eine Schiefe von 0 kennzeichnet eine symmetrische Verteilung, während eine negative Schiefe bedeutet, dass die Verteilung nach links „abgeschrägt“ ist. Entsprechend wird durch eine positive Schiefe angezeigt, dass die Verteilung nach rechts „abgeschrägt“ ist. *Siehe „Wölbung“*

Simulation

Die Simulation ist eine Methode, durch die ein Modell, wie z. B. ein Excel-Arbeitsblatt, wiederholt berechnet wird, und zwar jedesmal mit einem anderen Eingabewert. Auf diese Weise soll eine komplette Darstellung aller möglichen Szenarios erreicht werden, die evtl. in einer unbestimmten Situation auftreten könnten.

Standard-abweichung

Die Standardabweichung ist ein Maß für die Streuung der Werte in einer Verteilung. Die Standardabweichung ist gleich der Quadratwurzel der Varianz.
Siehe „Varianz“

Statusleiste

Die Statusleiste ist ganz unten im Excel-Fenster zu sehen und zeigt die in Evolver stattfindende aktuelle Aktivität an.

Stochastisch

„Stochastisch“ ist ein Synonym für unbestimmt oder riskant.
Siehe „Risiko“ und „Deterministisch“

Strafklausel

Eine Kalkulationstabellengleichung, durch die Evolver Szenarien mit Strafpunktwerten versehen kann, wenn sie nicht allen Kriterien entsprechen. Strafklauseln werden dazu verwendet, die Nebenwirkungen von Szenarien zu minimieren oder mehrere Ziele zu erreichen. Im Gegensatz zu einer harten Beschränkung, können ungültige Lösungen bei einer Strafklausel nicht untersucht werden. Die Strafklausel sorgt dafür, dass solche ungültigen Lösungen erkannt werden und die Population sich dadurch ohne diese Lösungen weiter entwickelt. Boolesche Strafklauseln sind entweder aktiviert oder deaktiviert und belasten ungültige Lösungen mit der gleichen Anzahl an Strafpunkten. Skalierstrafklauseln wind dagegen beweglicher und weisen die Strafpunkte proportional zum Schweregrad der Nichteinhaltung einer Beschränkung zu.

Summenhäufigkeitsverteilung

„Summenhäufigkeitsverteilung“ ist der Begriff, der für die Ausgabe- und Eingabesummenverteilungen in Evolver verwendet wird. Eine Summenverteilung wird durch das Summieren der Häufigkeit (d. h. durch die progressive Balkenerhöhung) quer über den Bereich einer Häufigkeitsverteilung erstellt. Bei einer Summenverteilung kann es sich um eine „aufwärts geneigte“ Kurve handeln, bei der durch die Verteilung die Wahrscheinlichkeit eines Wertes beschrieben wird, der kleiner als oder gleich einem Variablenwert ist. Eine Summenkurve kann aber auch aus einer „abwärts geneigten“ Kurve bestehen, bei der die Verteilung dann die Wahrscheinlichkeit eines Wertes beschreibt, der größer als oder gleich einem Variablenwert ist.
Siehe „Summenverteilung“

Summenverteilung

Eine Summenverteilung oder Summenverteilungsfunktion besteht aus einer Reihe von Punkten, die jeweils mit dem Integral einer Wahrscheinlichkeitsverteilung übereinstimmen, angefangen mit dem Minimalwert bis zum Wert, welcher der Zufallsvariablen zugeordnet ist.
Siehe „Summenhäufigkeitsverteilung, Wahrscheinlichkeitsverteilung“

Szenario

Ein Satz von Werten für die Variablen in einem Kalkulationstabellenmodell. Meistens wird durch die einzelnen Szenarien nur jeweils eine mögliche Lösung dargestellt.

Unabhängige Variable

Eine unabhängige Variable hängt in keiner Weise von den Werten irgendeiner anderen Variablen ab. Der Wert einer unbestimmten unabhängigen Variablen wird durch das Erheben einer Werteprobe aus der entsprechenden Verteilung bestimmt. Im Modell wird diese Werteprobe ganz unabhängig vom Zufallswert irgendeiner anderen Variablen erhoben.
Siehe „Abhängige Variable“

Versuche

Der Vorgang in Evolver, durch den für jede im Problem befindliche Variable ein Wert generiert wird. Anschließend wird dann das Szenario durch Neuberechnung ausgewertet.

Wahrscheinlichkeit

„Wahrscheinlichkeit“ bezieht sich darauf, wie wahrscheinlich es ist, dass ein Wert oder Ereignis auftreten wird. Die Wahrscheinlichkeit kann an Hand der Simulationsdaten in Form von Häufigkeit gemessen werden, und zwar durch Berechnung der Auftretens-Instanzen des Wertes oder Ereignisses, dividiert durch die Gesamthäufigkeit. Diese Berechnung ergibt einen Wert zwischen 0 und 1, der dann in einen Prozentsatz umgerechnet werden kann, indem man ihn mit 100 multipliziert.
Siehe „Häufigkeitsverteilung“, „Wahrscheinlichkeitsverteilung“

Wahrscheinlich-keitsverteilung

„Wahrscheinlichkeitsverteilung“ oder „Wahrscheinlichkeitsdichte“ ist der statistische Ausdruck für eine Häufigkeitsverteilung, die aus einem unendlich großen Wertesatz erstellt worden ist, in dem die Klassengröße unendlich klein ist.
Siehe „Häufigkeitsverteilung“

Weiche Beschränkungen

Wenn Beschränkungen nicht unbedingt eingehalten werden müssen, können sie als „weiche“ anstatt als „harte“ Beschränkungen eingegeben werden. Das wird in Evolver durch Angabe einer Strafklausel erreicht oder durch Hinzufügung einer Strafklausel zur Fitnessfunktion der Zielzelle.

Es ist oft vorzuziehen, mit weichen Beschränkungen zu arbeiten, weil bei diesen: 1. Evolver gewöhnlich Probleme schneller lösen kann und 2) durch ein weich beschränktes Modell oft eine sehr gute Lösung gefunden wird, die fast den weichen Beschränkungen entspricht. Eine solche Lösung ist oft wertvoller als eine vollkommen den harten Beschränkungen entsprechende nicht so gute Lösung.

Wölbung

Unter Wölbung versteht man die Form einer Verteilung. Durch die Wölbung wird angezeigt, wie flach oder steil die Verteilung ist. Je größer der Wölbungswert, desto steiler ist die Verteilung.
Siehe „Schiefe“

Zelle

Die Zelle ist die elementare Einheit einer Kalkulationstabelle, in der Daten gespeichert werden. In jedem Excel-Arbeitsblatt sind bis zu 256 Spalten und 16.000 Zeilen vorhanden, was mehr als 4 Millionen Zellen ergibt.

Zielzelle

Die Zelle in der Kalkulationstabelle, deren Wert wir minimieren oder maximieren möchten. Diese Zelle wird im Dialogfeld **Evolver – Modell** eingestellt (das kann in Evolver über den Befehl „Modelldefinition“ oder das Symbol für „Modell“ geschehen).

Zufallswerte-generator

Dieser Begriff bezieht sich auf einen Algorithmus zur Auswahl von Zufallszahlen, meistens im Bereich von 0 bis 1. Diese Zufallszahlen entsprechen den Werteproben, die aus der Verteilung UNIFORM mit einem Minimum von 0 und einem Maximum von 1 erhoben werden. Solche Zufallszahlen sind die Basis für andere Routinen, durch welche diese Zufallszahlen in Werteproben konvertiert werden, die aus bestimmten Verteilungstypen erhoben werden.
Siehe „Zufallswert“, „Ausgangszahl“

Zufallswerteprobe

Eine Zufallswerteprobe ist ein Wert, der aus einer Wahrscheinlichkeitsverteilung erhoben wurde, die eine Zufallsvariable beschreibt. Solch eine Werteprobe wird willkürlich in Übereinstimmung mit einem Probenerhebungs-Algorithmus erhoben. Die Häufigkeitsverteilung, die aus einer großen Anzahl von durch den Algorithmus erhobenen Zufallswerten aufgebaut ist, wird ungefähr der Wahrscheinlichkeitsverteilung entsprechen, für die der Algorithmus entworfen wurde.

Index

A

Ablaufplan, Lösungsmethode
  Beschreibung 123
Ablaufsplanung, Lösungsmethode
  Beispiel 69
Algorithmus, definiert) 167
Alphabetisieren (Beispiel) 53
Anhaltebedingungen 140
  Einführung 38
anpassbare Zellen 30, 113
Anwendungseinstellungen, Befehl 147
Ausgleich des Portfolios, Beispiel 87
Auswahlroutine 213

B

Bäckerei, Beispiel 61
Beschränkungen 198–99
  Implementierung 215
Beschränkungs-Solver, Befehl 148
Bildschirm neu zeichnen
  Bild 39
Budget, Lösungsmethode
  Beispiel 51, 63, 91, 93
  Beschreibung 121
Budgetzuweisung, Beispiel 63

C

Chemisches Gleichgewicht, Beispiel 67
Codesegmentierung, Beispiel 73
Crossing-over-Rate 154, 194
  Implementierung 214
  Zweck 127

D

Datei README 10
Datenbanken 180
Deinstallieren von Evolver 7
Diagramme 42, 152
Dialogfeld Modell 29

E

Einkauf, Beispiel 95
Ersetzungsmethode 215
Evolver
  Fähigkeiten 167
  im Vergleich zu Solver 174
  Lernprogramm 10
  Verwendungszwecke 175
  warum dieses Programm verwenden? 17
  was ist das? 13
Evolver-Fortschritt, Fenster 145
Evolver-Überwachungsprogramm 42, 151
Excel Solver (siehe *Solver)* 173

F

Fitnessfunktion 112
Formulierung, Lösungsmethode
  Beispiel 53, 61, 67, 83, 95, 99, 101, 103, 105
  Beschreibung 118
Forschrittsdiagramm
  Bild 39
fortlaufende Modelle 173
Funkturmposition, Beispiel 83

G

Ganzzahlen 115
Generationen
  warum sie nicht verwendet werden 213
Genpool 195
gentechnische Algorithmen
  warum diese Algorithmen verwenden? 17
globale Lösung im Vergleich zur lokalen Lösung 173
Glossar 229
GRG-Routinen 173
Gruppierung, Lösungsmethode

Beispiel 73, 87
Beschreibung 120

H

Handelsvertreter, Beispiel 97
Handelsvertreterproblem, Beispiel 97
harte Beschränkungen 133
Hill-Climber 169
Hill-Climbing
Beispiel 178
Beschreibung 177
Verwendung von Solver 173
Hinzufügen, Schaltfläche – Hinzufügen von Beschränkungen 132

K

Klassenablaufsplanung, Beispiel 69
kombinatorische Probleme 167
Kombinieren des Portfolios, Beispiel 91
Kraftwerke, Beispiel 93

L

Landschaft der Lösusngen 168
Lernprogramm 10
lineare Probleme 177
lokale Lösung im Vergleich zur globalen Lösung 173
Lösugnsmethoden
Formulierung 118
Lösungmethoden
Reihenfolge 119
Lösungsmethoden
Ablaufplan 123
Ablaufsplanung
Beispiel 69
Budget 121
Beispiel 51, 63, 91, 93
Formulierung
Beispiel 53, 61, 67, 83, 95, 99, 101, 103, 105
Gruppierung 120
Beispiel 73, 87
Projekt 122
Beispiel 77
Reihenfolge
Beispiel 57, 81, 97

M

mehrfache Zielprobleme 209
Metallarbeitsjobs, Beispiel 81
Minuten 140
Model, Dialogfeld 111
Mutationsrate 154
  Implementierung 215
Mutionsrate
  Zweck 127

N

nich lineare Probleme 177

O

Optimierung
  Beispiel 171
  Methoden 167
  was ist das? 15
Optimierungsausführungszeitoptionen) 140
Optimierungsbeschleunigung, verbessern 211
Optimierungsziel 30, 112

P

Palisade Corporation 5
Perzentil 234
Perzentile 234
Probleme
  kombinatorisch 180
  linear 177
  nicht lineal 177
  tabellenbasiert 180
Projekt, Lösungsmethode
  Beispiel 77
  Beschreibung 122

R

Raumfahrtnavigation, Beispiel 99
Reihenfolge, Lösungsmethode
  Beispiel 57, 81, 97
  Beschreibung 119

Routing, Beispiel 77
Rückverfolgung 215

S

Simplex-Methode 177
Solver 173
  im Vergleich zu Evolver 174
Strafklauseln
  Beispiele 207
  Erklärung 202
  Verwendung 208

T

tabellenbasierte Probleme 180
technische Daten 213
Transformator, Beispiel 103
Transport, Beispiel 105

U

Überwachungsprogramm 42, 151

W

weiche Beschränkungen 34, 133
weiche Beschränkungens 134, 202
Werbungsauswahl (Beispiel) 51
Werte 115
Wertpapierhändler, Beispiel 101

Z

Zielzelle 30, 112, 238
Zuweisung von Aufgaben, Beispiel 57